ÉTUDES ET RECHERCHES

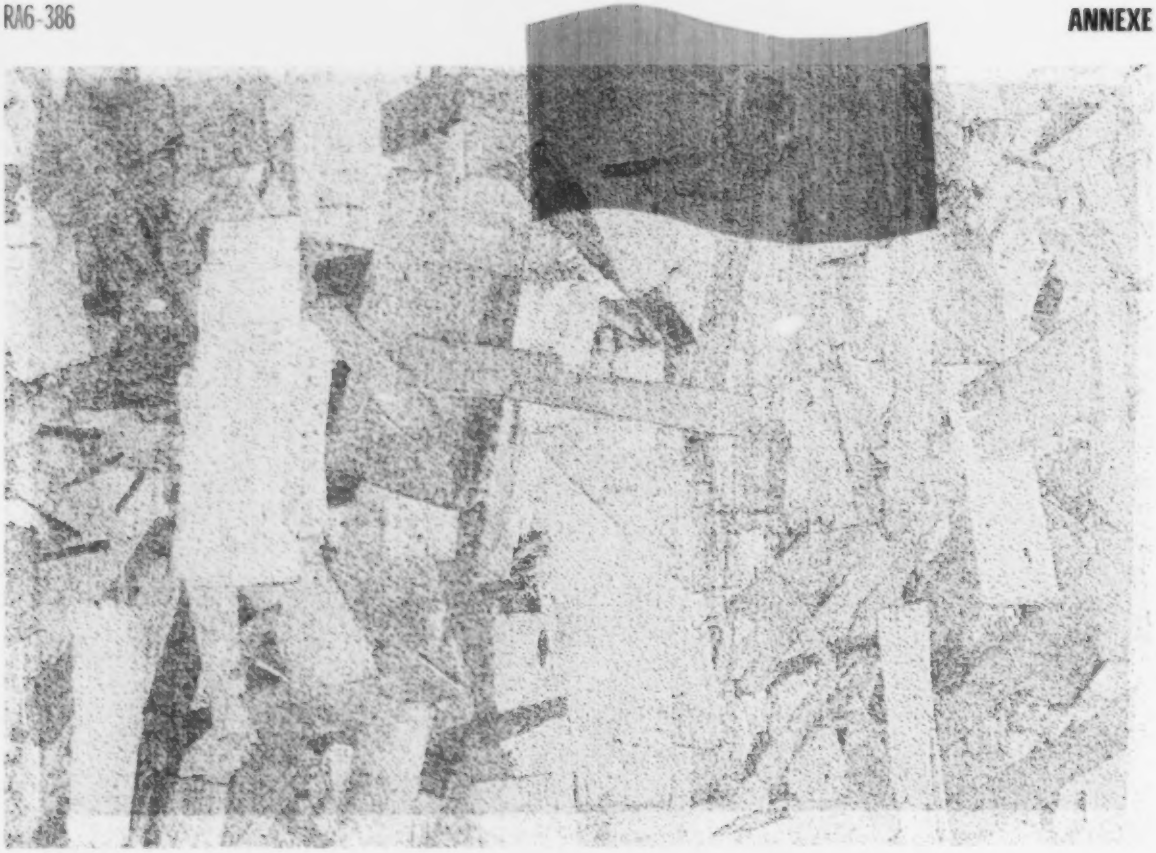
Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde

Industries de fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde

Nicole Goyer
Charles Beaudry
Denis Bégin
Michèle Bouchard
Sophie Buissonnet
Gaétan Carrier
Olivia Gely
Michel Gérin
Jérôme Lavoue
Pierre Lefebvre
Nolwenn Noisel
Guy Perrault
Brigitte Roberge

RA6-386

ANNEXE



irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
• Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, novembre 2004

ÉTUDES ET RECHERCHES

Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde

Industries de fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde

Nicole Goyer[1], Charles Beaudry[2], Denis Begin[2], Michèle Bouchard[2], Sophie Buissonnet[1], Gaétan Carrier[2], Olivia Gely[3], Michel Gérin[2], Jérôme Lavoué[2], Pierre Lefebvre[3], Nolwenn Noisel[2], Guy Perrault[1] et Brigitte Roberge[1]

[1]Hygiène du travail, IRSST
[2]Santé environnementale et santé au travail, Université de Montréal
[3]Sciences économiques, Université du Québec à Montréal

ANNEXE

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible en version PDF sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

105-06317/

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

REMERCIEMENTS

Ce projet n'aurait pu être réalisé sans la collaboration de nombreuses personnes.

Nous remercions très sincèrement les gestionnaires, le personnel technique et les travailleurs des établissements pour leur accueil, la qualité de l'information fournie et leur participation active et efficace lors des mesures sur le terrain. De même, nos remerciements s'adressent aux différents experts qui ont permis de mieux comprendre la réalité québécoise.

Nous tenons également à remercier les intervenants du réseau public québécois en santé au travail pour leur aide précieuse, leur disponibilité et leur professionnalisme lors des sessions d'échantillonnage.

LISTE DES ACRONYMES, SYMBOLES OU ABBRÉVIATIONS

CAEQ : classification des activités économiques du Québec

CLSC : Centre local de services communautaires

CRIQ : Centre de recherche industrielle du Québec

CSST : Commission de la santé et de la sécurité au travail du Québec

CTI : classification type des industries

IRSST : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail du Québec

mg /m^3 : milligramme par mètre cube d'air

OSHA : Occupational Safety and Health Administration

P : valeur d'exposition plafond

ppm = partie par million

SCIAN : système de classification des industries de l'Amérique du Nord

StatCan : Statistique Canada

VEA : valeur d'exposition admissible

VEMP : valeur d'exposition moyenne pondérée sur 8 heures

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS 1
LISTE DES ACRONYMES, SYMBOLES OU ABBRÉVIATIONS 1
1 CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA RECHERCHE 5
2 DESCRIPTION DU SECTEUR 5
3 DESCRIPTION DES PROCÉDÉS 7
3.1 Procédés de fabrication au Québec 7
3.1.1 Fabrication de formaldéhyde 7
3.1.2 Fabrication de résines à base de formaldéhyde 8
3.2 Postes et emplois normalisés 9
3.2.1 Postes normalisés 10
3.2.2 Emplois normalisés 11
4 EXPOSITION DES TRAVAILLEURS : DONNÉES DE LITTÉRATURE 12
4.1 Données de littérature scientifique 12
4.2 Base de données 14
5 EXPOSITION DES TRAVAILLEURS : MESURES SUR LE TERRAIN PAR L'IRSST 15
6 EXPOSITION DES TRAVAILLEURS : AUTRES MESURES TERRAIN 17
7 MATRICES D'EXPOSITION 19
7.1 Construction des matrices 19
7.1.1 Analyse qualitative des évaluations de l'exposition 19
7.1.2 Matrices établissement-exposition 20
7.1.3 Matrices emploi-exposition 21
7.2 Résultats 21
7.2.1 Nombre d'établissements et de travailleurs au Québec 21
7.2.2 Analyse quantitative des données d'évaluation de l'exposition 23
7.2.3 Matrices établissement-exposition 28
7.2.4 Matrices emploi-exposition 28
Valeur plafond 29
7.2.5 Comparaison des évaluations de l'exposition selon les trois sources d'information 29
8 SOURCES D'EXPOSITION 31
9 CORRECTIFS ET PRÉVENTION 32
9.1 Recommandations générales 32

9.2 Situation au Québec 33
10 IMPACTS SUR LA SANTÉ 34
10.1 Établissement de la relation entre l'exposition et les effets sur la santé 34
10.2 Application de la relation au secteur de la fabrication de formaldéhyde et de résines 36
11 IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES 38
11.1 Coûts potentiels 38
11.1.1 Organisation du travail 38
11.1.2 Ventilation 38
11.1.3 Protection respiratoire 38
11.2 Avantages potentiels 40
11.3 Détermination d'un seuil d'impact majeur 40
12 CONCLUSIONS 42
13 RÉFÉRENCES 44
APPENDICE 1 : Analyse de l'équivalence entre la CAEQ, la CTI et le SCIAN 46
APPENDICE 2 : Équipements de mesure utilisés pour les évaluations de l'exposition 48
APPENDICE 3 : Liste des collaborateurs du réseau public de santé au travail dans le cadre des visites en entreprise 49
APPENDICE 4 : Description sommaire de la méthodologie par expertise intégrale 50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Description des classifications des activités économiques du Québec (CAEQ) 3712 et 3731 6
Tableau 2 : Postes et des zones de travail dans les usines de fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde 10
Tableau 3 : Professions normalisées dans les usines de fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde 11
Tableau 4 : Résultats d'exposition dans une usine de fabrication de résine[1] 12
Tableau 5 : Résultats d'exposition dans une usine de fabrication de mousse urée-formaldéhyde 13
Tableau 6 : Résultats de la base de données IMIS pour les fabricants de résines 14
Tableau 7 : Exposition des travailleurs de 4 usines de fabrication de résines de formaldéhyde 15
Tableau 8 : Nombre d'évaluations de l'exposition au formaldéhyde dans sept des huit usines de fabrication de résines à base de formaldéhyde 17
Tableau 9 : Nombre de mesures en personnel (durée du prélèvement supérieure à 240 minutes) 18
Tableau 10 : Nombre de mesures en personnel (durée du prélèvement inférieure à 15 minutes) 18

Tableau 11 : Exemples de compilation de mesures pour tous les établissements 19
Tableau 12 : Portrait des secteurs d'activité économique 3712 et 3731 22
Tableau 13 : Distribution des travailleurs par profession normalisée dans les usines du Québec ... 22
Tableau 14 : Synthèse des mesures de 1980 à 2002 – évaluations en personnel 23
Tableau 15 : Synthèse des mesures de 1980 à 2002 – Mesures en poste fixe 25
Tableau 16 : Distribution des établissements selon les niveaux d'exposition 28
Tableau 17 : Distribution des travailleurs par plages d'exposition au formaldéhyde 29
Tableau 18 : Comparaison des sources de données d'exposition 30
Tableau 19 : Pourcentage moyen théorique de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritatifs modérés ou sévères aux yeux, au nez et à la gorge selon leur exposition au formaldéhyde 35
Tableau 20 : Nombre théorique de travailleurs du secteur de fabrication de formaldéhyde et de résines susceptibles de présenter des effets irritatifs en fonction de la concentration 36
Tableau 21 : Nombre de travailleurs et facteurs de protection requis pour la protection respiratoire 39
Tableau 22 : Évaluation des coûts d'abaissement de la valeur plafond, reliés à l'utilisation des appareils de protection respiratoire 39
Tableau 23 : Sommaire des coûts d'instauration et d'opération du programme de protection respiratoire 40
Tableau 24 : Données générales de l'industrie de la fabrication de produits chimiques organiques, de résines et de caoutchouc synthétique 41

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Distribution des évaluations ln(concentration en ppm) compilées par plage d'années ... 24
Figure 2 : Distribution des évaluations ln(concentration en ppm) compilées par période de l'année 24
Figure 3 : Distribution des évaluations ln(concentration en ppm) compilées selon les usines 25
Figure 4 : Distribution des évaluations ln(concentration en ppm) compilées par plage d'années ... 26
Figure 5 : Distribution des évaluations ln(concentration en ppm) compilées par période de l'année 27
Figure 6 : Distribution des évaluations ln(concentration en ppm) compilées selon les usines 27

1 CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA RECHERCHE

Le comité paritaire 3.33.1 de la Commission de la santé et de la sécurité du travail (SST), chargé de la révision de l'Annexe 1 du *Règlement sur la santé et la sécurité du travail*, procède aux modifications du règlement par l'établissement de consensus sur chacun des sujets discutés. Dans certains cas, les membres du comité souhaitent disposer d'une meilleure connaissance des impacts de leurs décisions sur la santé et la sécurité des travailleurs, sur la facilité ou la difficulté technique d'entériner ces modifications réglementaires ainsi que sur le contexte socio-économique des industries et des organismes québécois qui sont assujettis à ces modifications. L'abaissement de la valeur d'exposition admissible du formaldéhyde est un de ces cas. La CSST a donc demandé à l'IRSST d'évaluer l'impact socio-économique et sanitaire d'un tel abaissement.

Globalement, le projet vise à évaluer l'impact d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible (VEA) actuelle pour le formaldéhyde, de type plafond située à 2 ppm, vers une VEA plafond ou moyenne pondérée (VEMP) de 1, 0,75 ou 0,3 ppm. Cet objectif comprend une étude des impacts tant sanitaires que socio-économiques. La poursuite de l'objectif global a nécessité la rencontre de divers objectifs spécifiques tels que l'évaluation de l'exposition des travailleurs et l'élaboration de matrices établissement-exposition et emploi-exposition menant à l'évaluation des impacts. L'élaboration des matrices a consisté à élaborer, pour l'ensemble des situations potentielles d'exposition au formaldéhyde, une base de données reliant les caractéristiques professionnelles (secteur, profession, poste) aux procédés et aux données d'exposition disponibles. Cette base de données a servi aux experts à établir les profils quantitatifs d'exposition en fonction des effectifs sous la forme de la matrice secteurs d'activité économique/exposition, et à recueillir les données qualitatives requises pour les travaux des toxicologues et des économistes.

La considération des possibilités de substitution, de modifications de procédés et la description des postes de travail au sein de matrices établissement-exposition et emploi-exposition, ajoutent des éléments aux évaluations d'impacts socio-économique et sanitaire et tentent de dégager les paramètres de la maîtrise de l'exposition.

2 DESCRIPTION DU SECTEUR

Le secteur « Fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde » a été choisi comme l'un des secteurs prioritaires (groupe 1) sur la base des travaux de l'organisme américain Occupational Safety and Health Administration (OSHA) effectués durant les années 80 pour réviser leur norme d'exposition professionnelle au formaldéhyde. La priorisation de ce secteur a été confirmée par l'étude préliminaire de l'actuelle équipe de recherche (1).

C'est un sous-ensemble des établissements des classes industrielles 3712 et 3731 de la Classification des activités économiques du Québec (CAEQ) (2) dont la description est donnée au tableau 1.

Tableau 1 : Description des classifications des activités économiques du Québec (CAEQ) 3712 et 3731

Grand Groupe 37 – Industries chimiques		
Classe	**Description**	**Notes explicatives**
3712* Industrie des produits chimiques organiques d'usage industriel	Établissements dont l'activité principale est la fabrication de produits chimiques organiques d'usage industriel comme les acides aliphatiques, les alcools, les glycols, les monomères non saturés, les composés de fonction amine et les composés cétoniques et de la quinine.	Cette classe économique inclut les fabricants de tous les produits organiques alors que cette annexe ne s'adresse qu'aux fabricants de formaldéhyde gazeux et en solution
3731* Industrie des matières plastiques et des résines synthétiques	Établissements dont l'activité principale est soit la fabrication de résines synthétiques sous forme de poudres, de granules, de flocons ou de liquide, soit la combinaison de résines synthétiques pour fins de moulage	Cette classe économique inclut les fabricants de tous les types de résines synthétiques alors que cette annexe ne s'adresse qu'aux fabricants de résines à base de formaldéhyde

* Indique que les établissements concernés par cette annexe sont un sous-ensemble des établissements visés par cette classe économique

L'*Industrie des produits chimiques organiques d'usage industriel* comporte une large gamme de produits organiques tels les alcools ou les amines en plus du formaldéhyde et l'*Industrie des matières plastiques et des résines synthétiques* de nombreuses autres résines synthétiques comme le polyéthylène ou le poly(chlorure de vinyle) en plus des résines à base de formaldéhyde. La fabrication du formaldéhyde et des résines à base de formaldéhyde ne représente donc qu'un sous-ensemble des produits fabriqués dans les deux classes économiques 3712 et 3731 de la CAEQ. Puisque l'exposition au formaldéhyde n'est essentiellement observée que dans ces deux types de production industrielle, cette annexe se limite aux procédés industriels, aux populations de travailleurs et aux établissements impliqués dans ceux-ci.

De plus la situation québécoise de ces industries a de beaucoup simplifié l'approche d'analyse des données puisqu'une enquête a permis de conclure que les seuls fabricants de formaldéhyde au Québec sont également des fabricants de résines à base de formaldéhyde[1]. Dans ces usines la fabrication de formaldéhyde est essentiellement une étape intermédiaire de la fabrication de résine. Selon la demande du marché, une faible proportion peut aussi être vendue à d'autres fabricants de produits divers. Pour cette raison cette annexe présente les résultats de ces deux classes industrielles de façon simultanée bien qu'elles aient été présentées de façon distincte dans l'étude préliminaire (1). L'équivalence entre la CAEQ (2), la Classification type des industries (3) et le Système de Classification des Industries de l'Amérique du Nord (4) est présentée à l'appendice 1.

[1] Consultation Usines-CLSC: Compilation des informations obtenues lors de la visite de quatre usines entre octobre 2001 et juin 2002 et celles issues de la consultation des dossiers d'hygiène de CLSC concernant sept usines.

3 DESCRIPTION DES PROCÉDÉS

L'information qui suit concernant les procédés de fabrication, se base sur une revue systématique de la littérature technique.

3.1 Procédés de fabrication au Québec

Deux phénomènes expliquent la fusion des procédés de fabrication du formaldéhyde et des résines à base de formaldéhyde au Québec (Consultation Usines-CLSC).

- Plus de 90% du formaldéhyde produit au Québec sert à la synthèse de résines aminées et phénoliques pour l'industrie de fabrication de panneaux agglomérés.
- L'instabilité du formaldéhyde dans sa forme industrielle la plus courante, soit une solution de 30 à 60% dans l'eau, rend indésirable les longues durées de livraison entre le fabricant et l'utilisateur.

Donc le fabricant de résine a un intérêt logistique à fabriquer son propre formaldéhyde et probablement un intérêt financier.

3.1.1 Fabrication de formaldéhyde

La fabrication de formaldéhyde au Québec n'utilise qu'un seul procédé industriel, l'oxydation catalytique du méthanol (5, 6, Consultation Usines-CLSC). Les deux variantes de ce procédé au Québec sont:

- Procédé avec catalyseur à base d'argent
  - oxydation partielle et une déshydrogénation en présence d'air et de cristal d'argent en tant que catalyseur, de vapeur et d'un excès de méthanol à une température de 680 – 720°C. Conversion du méthanol : ~ 97%.
  - Idem, avec comme catalyseur du cristal d'argent où de l'argent sous forme de maillage (« silver gauze ») à 600 – 650°C avec un taux de conversion compris entre 77 et 87%. Le méthanol qui n'a pas réagit est recyclé et la réaction est alors complétée.
- Procédé Formox
  - Une oxydation en présence d'un excès d'air et d'un oxyde de métal en tant que catalyseur (fer modifié – vanadium – et surtout molybdène), à 250 – 400°C avec un taux de conversion de ~ 98%.

La majorité des usines québécoises n'utilisent que le procédé Formox bien qu'on retrouve aussi celui au cristal d'argent.

Ces procédés qui fonctionnent en continu sont complètement automatisés et en circuit fermé. L'alimentation de la matière première, le méthanol, et le transfert de la solution de formaldéhyde

se fait par tuyauterie et l'entreposage se fait en vrac dans des réservoirs. La production peut être distribuée dans plus d'un édifice où la seule aire complètement isolée est la salle de contrôle; cette salle sert en même temps de salle de tests. On retrouve des aires extérieures, des aires couvertes, des édifices avec portes ouvertes la plupart du temps en été et certaines pièces fermées telle la salle des pompes. Cette dernière assure la circulation de la solution de formaldéhyde vers les réservoirs et elle contient aussi les filtres amovibles qui doivent être changés quotidiennement.

Les tâches de production consistent essentiellement en une inspection visuelle de la tuyauterie et des réservoirs, la prise d'échantillons ainsi que la vérification des paramètres critiques sur ordinateur dans la salle de contrôle. Ces opérateurs font usuellement le remplacement périodique des filtres dans la salle des pompes.

3.1.2 Fabrication de résines à base de formaldéhyde

Sur le marché industriel mondial, les résines à base de formaldéhyde se retrouvent dans deux grandes familles de matières plastiques. Il s'agit des résines thermoplastiques et des résines thermodurcissables. Dans la famille des thermoplastiques, les résines à base de formaldéhyde sont représentées par les résines acétals ou polyacétals (polyoxyméthylène et ses copolymères). Il n'existe aucun établissement fabriquant ce type de résine au Québec (Consultation Usines-CLSC).

Les résines aminées et phénoliques sont les résines thermodurcissables fabriquées au Québec.

- Résines aminées : urée-formaldéhyde (UF), mélamine –formaldéhyde (MF) et mélamine-urée-formaldéhyde (MUF)
- Résines phénoliques : phénol-formaldéhyde (PF) (novolaques, résols) et phénol-résorcinol-formaldéhyde (PRF)

Le procédé de fabrication en discontinu (par cuvée) est le seul qu'on retrouve au Québec. Dans ce type de production, on ajoute, par tuyauterie les matières premières dans une cuve de réaction fermée. Les cuves de réaction dans les usines québécoises étaient toutes dotées d'une écoutille amovible permettant l'accès à la cuve. Celle-ci est toujours fermée durant la fabrication de la résine.

Au fur et à mesure que la réaction de polymérisation progresse, la prise et l'analyse d'échantillons permettent d'en mesurer l'avancement; ceci se fait à l'aide d'un robinet prévu à cet effet. Lorsque la réaction est complétée la résine est transférée par tuyauterie vers des réservoirs de stockage.

Les deux réactions principales menant à la formation des résines aminées (7) sont l'hydroxyméthylation et la condensation où se forment les chaînes de polymères. Les facteurs importants pour le succès de la fabrication sont : le ratio des réactifs, le type et la quantité des adjuvants et des catalyseurs, le pH (acide ou basique), la température et le temps de réaction de

chaque étape. Les deux réactions se passent à une température comprise entre 70 et 100°C. La viscosité augmente au fur et à mesure que les masses des molécules s'accroissent. Les matières premières (urée, mélamine ou un mélange mélamine-urée) sont utilisées en poudre ou en solution. Le formaldéhyde (HCHO) est utilisé en solution aqueuse à 37 –55%).

Dans le cas des résines phénoliques (8,9), les résines sont issues de réactions de polycondensation du phénol (ou phénol-résorcinol) avec le formaldéhyde et d'un catalyseur de type acide fort (pour les résines novolaques) ou de type basique (pour les résols). Les phénols étant trifonctionnels, la réaction conduira donc à une structure tridimensionnelle.

On retrouve surtout au Québec la fabrication de résols. La réaction n'est pas menée complètement à terme et peut être redémarrée sous l'action de la chaleur ou d'un catalyseur. Quand la réaction conduit à une résine très fluide (État A), le produit est appelé résol. Si la réaction est poursuivie, des liaisons multiples se font sur les molécules de polymère et les résines passent à un état de plus en plus épais (États B et C). Les résols peuvent être visqueux ou liquides, solubles ou insolubles, alcalins ou neutres, lents à polymériser ou très réactifs. Une distillation peut terminer le processus afin d'obtenir un produit concentré ou visqueux.

L'alimentation des matières premières vers la cuve de réaction et le transfert de la résine se font par tuyauterie vers des réservoirs de vrac et vers des fûts de dimensions diverses. La production peut être distribuée dans plus d'un édifice où la seule aire complètement isolée est la salle de contrôle; cette salle sert en même temps de salle de tests. On retrouve des aires extérieures, des aires couvertes, des édifices avec portes ouvertes en été.

Les tâches de production comprennent la préparation des matières premières en fonction de la recette, l'ajout des matières premières dans la cuve, l'inspection visuelle de la tuyauterie et des réservoirs, la prise d'échantillons ainsi que la vérification des paramètres critiques sur ordinateur dans la salle de contrôle.

La fabrication de résines en poudre nécessite des installations supplémentaires puisqu'on procède au séchage de la résine liquide.

3.2 Postes et emplois normalisés

Les différents postes de travail de l'industrie de la fabrication de formaldéhyde et de résines associées et les différentes tâches exécutées par le personnel ont été résumés dans une terminologie uniforme permettant de comparer les résultats d'évaluation de l'exposition de toutes les sources d'information consultées (10).

3.2.1 Postes normalisés

Les postes sont présentés au tableau 2. Les salles de réacteurs (postes 1.1, 2.1 et 3.1) sont, en général, des aires ouvertes sur deux ou plusieurs étages communiquant par des cages d'escaliers non isolées, souvent avec des mezzanines. Dans le cas de la fabrication de résine on retrouve souvent une table de travail dans la zone même des cuves de réaction.

Les salles de contrôle et de tests (postes 1.2, 2.2 et 3.2) servent à la fois au suivi des paramètres de production sur écran d'ordinateur et à de petits tests simples sur des échantillons pris dans la salle des réacteurs. Les postes de chargement en vrac (postes 1.4 et 2.3) sont situés à l'extérieur.

Tableau 2 : Postes et des zones de travail dans les usines de fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde

Zone		Poste	
Code	**Nom**	**Code**	**Nom**
1	Fabrication de formaldéhyde	1.1	Salle des réacteurs
		1.2	Salle de contrôle et de tests
		1.3	Salle des pompes
		1.4	Poste de chargement en vrac
		1.5	Poste de chargement des petits contenants
2	Fabrication de résine	2.1	Salle des réacteurs
		2.2	Salle de contrôle et de tests
		2.3	Poste de chargement en vrac
		2.4	Poste de chargement des petits contenants
3	Séchage de résine	3.1	Salle des réacteurs
		3.2	Salle de contrôle et de tests
		3.3	Poste d'ensachage
4	Parc des réservoirs extérieurs	4.1	Réservoirs de formaldéhyde
		4.2	Réservoirs de résine
		4.3	Réservoirs autres
5	Entreposage à l'intérieur	5.1	Réservoirs de formaldéhyde
		5.2	Réservoirs de résine
		5.3	Réservoirs autres
		5.4	Entreposage de matières premières en petits contenants
		5.5	Entreposage de produits finis en petits contenants
6	Traitement des eaux usées	6.1	Bassin de décantation
		6.2	Bassin de filtration
		6.3	Bassin tampon
		6.4	Bassin d'aération
7	Secteurs de support	7.1	Ateliers mécaniques
		7.2	Centrale d'énergie

Zone		Poste	
Code	**Nom**	**Code**	**Nom**
		7.3	Laboratoire
8	Secteur administratif	8.0	Bureaux
9	Autres	9.0	Autres

3.2.2 Emplois normalisés

Les définitions de tâches décrites ne correspondent pas intégralement à chacune des usines visitées mais elles visent surtout à décrire la façon dont les résultats disponibles ont été agrégés. Elles sont présentées au tableau 3.

Tableau 3 : Professions normalisées dans les usines de fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde

Code	Nom	Description
A	Opérateur de formaldéhyde	Tâches de surveillance et de rétroaction sur les conditions de production Inspection visuelle dans les aires de procédé. Suivi sur ordinateur et tests dans la salle de contrôle et de tests Tâches diverses de prévention, d'entretien et de correctifs (tel le changement de filtre sur la tuyauterie de solution de formaldéhyde : activités réalisée au poste 1.3
B	Opérateur de résine	Tâches de surveillance et de rétroaction sur les conditions de production Inspection visuelle dans les aires de procédé. Suivi sur ordinateur et tests dans la salle de contrôle et de tests Tâches diverses de prévention et de correctifs (tel le changement de filtre sur la tuyauterie de résine) Tâches de préparation des recettes et des cuvées de résine.
C	Opérateur de séchoir de résine	Tâches de surveillance et de rétroaction sur les conditions de production Inspection visuelle dans les aires de procédé. Suivi sur ordinateur et tests dans la salle de contrôle et de tests Tâches diverses de prévention et de correctifs
D	Préposé à la Réception/Expédition, Ensacheur, Remplisseur de fût et cariste	Toutes tâches reliées au transfert de la marchandise des réservoirs de stockage aux contenants d'expédition et toutes tâches reliées à la réception de marchandise et au transport de celles-ci dans l'usine; Remplissage de fûts Ensachage de la résine en poudre Remplissage des camions et wagons Déchargement de vrac

Code	Nom	Description
E	Maintenance	Tâches d'entretien préventif et de correctifs pour tous les métiers soit les électriciens, mécaniciens, plombiers, ...
F	Contremaître de production et maintenance	Surveillance de la productivité et la gestion des ressources humaines
G	Employé de laboratoire	Analyse d'échantillons de production, recherche et développement (chimiste, technicien)
H	Employé de bureau	Ingénieurs, secrétaires et administrateurs

4 EXPOSITION DES TRAVAILLEURS : DONNÉES DE LITTÉRATURE

Une revue systématique de la littérature scientifique a été faite. Elle a été complétée par la consultation des bases de données IMIS (Integrated Management Information System = banques des résultats de mesurage des inspecteurs d'OSHA) et NEDB (National Exposure Data Base = banques des résultats de mesurage des inspecteurs du HSE (Health and Safety Executive du Royaume-Uni).

4.1 Données de littérature scientifique

Les résultats d'exposition disponibles dans la littérature scientifique se résument à ceux de deux études du *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH). La première étude (11) visait à établir les niveaux d'exposition des travailleurs dans une usine de fabrication de formaldéhyde et de résines alors que la deuxième (12) présente des résultats dans le cadre de la fabrication de résine urée-formaldéhyde transformée ensuite en mousse isolante. Ces deux études ont été publiées avant 1985. La synthèse en est présentée aux tableaux 4 et 5.

Tableau 4 : Résultats d'exposition dans une usine de fabrication de résine[1]

Professions normalisées	Nombre d'échantillons (Durée)	Moyenne géométrique	Écart-type géométrique	Valeur unique	Fourchette	
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Opérateur de formaldéhyde	4 (2-4h)	0,32	1,53			
Opérateur de résine	3 (1-2h)	0,18	1,91			
Préposé à la réception	1 (1h)			0,07		
	1 (1h)			1,03		
Fabrication de formaldéhyde						
Salle des réacteurs	16 (0,3-4h)	0,48	2,15			
	2 (4h)				0,20	0,22
Salle de contrôle	12 (1-4h)	0,15	2,61			
	2 (4h)				0,21	1,30

Professions normalisées	Nombre d'échantillons (Durée)	Moyenne géométrique	Écart-type géométrique	Valeur unique	Fourchette	
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Poste de chargement	4 (0,6-1,5h)	0,11	1,92			
	2 (1h)				2,83[2]	3,80[2]
Fabrication de résine et secteurs de support						
Salle des réacteurs	3 (4h)	0,07	2,73			
	1 (4h)			1,49[3]		
Salle de contrôle	12 (0,5-4h)	0,34	2,26			
	1 (4h)			0,57		
Laboratoire	2 (2-3h)				0,13	0,35

[1] Usine de fabrication de résine, Borden Inc., Chemical Division, Fayetteville, Caroline du Nord

[2] Durant la période de mesure, il y a eu un déversement lors du chargement

[3] Cette mesure a été prise à environ 1 mètre de l'écoutille de la cuve

Tableau 5 : Résultats d'exposition dans une usine de fabrication de mousse urée-formaldéhyde

Professions / postes normalisés	Nombre d'échantillons	Moyenne géométrique (ppm)	Écart-type géométrique (ppm)	Valeur unique (ppm)	Fourchette (ppm)	
Opérateur de résine	2				0,35	0,37
	2				0,34	0,45
Préposé à la réception	2 (5min)				5	10
	3				2,10	5,40[2]
	2				0,18	1,28[2]
Fabrication de résine						
Salle des réacteurs	1			0,27		
	8				0,14	5,17

[1] Usine non identifiée

[2] Ces valeurs ont été obtenues lors du remplissage de barils. La fourchette supérieure correspond au remplissage d'un baril alors que le couvert du baril est complètement enlevé. La différence entre la première et la deuxième série de valeurs est attribuée par l'auteur à une différence de teneur en formaldéhyde libre dans chacune des deux résines.

4.2 Base de données

Les données de la NEDB n'ont pu être utilisées. La description des tâches effectuées mais surtout celle des conditions d'évaluation a été insuffisante pour assigner un emploi normalisé aux valeurs numériques d'exposition de cette base de données.

La synthèse des résultats de la base de données IMIS concernant le secteur de fabrication des résines est présentée au tableau 6.

Tableau 6 : Résultats de la base de données IMIS pour les fabricants de résines

Professions normalisée	**Nombre d'évaluations (années)**	**Moyenne géométrique**	**Écart-type géométrique**	**Valeur unique**	**Fourchette**	
		ppm	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**
Évaluation de l'exposition pondérée sur 8 heures						
Opérateur de formaldéhyde	1 (1985)			0,03		
Opérateur de résine	14 (1980-2000)	0,16	4,51			
Préposé à la réception	9 (1984-1990)	0,22	2,79			
Maintenance	1 (1983)			0,37		
Employé de laboratoire	1 (1993)			0,02		
Employé de bureau	2 (1980)	0,23				
Évaluation de l'exposition plafond						
Opérateur de résine	11 (1981-1993)	0,55	4,23			
Préposé à la réception	2 (1984)	4,20				
Maintenance	1 (1988)			8		
Employé de laboratoire	2 (1982-1993)	0,26				

5 EXPOSITION DES TRAVAILLEURS : MESURES SUR LE TERRAIN PAR L'IRSST

Dans le but d'établir un portrait de l'exposition actuelle des populations de travailleurs exposés ou susceptibles d'être exposés au formaldéhyde dans l'industrie québécoise de la fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde, des mesures ont été prises dans 4 usines par une équipe de l'IRSST en collaboration avec les intervenants en santé au travail du réseau public québécois. La liste de ces collaborateurs est donnée à l'appendice 3. Ces mesures reflètent les activités et les conditions d'opération existantes au moment de l'intervention.

Tous les travailleurs susceptibles d'être exposés au formaldéhyde ont été considérés. Pour l'évaluation des valeurs d'exposition moyenne pondérée sur 8 heures, des prélèvements ont été faits sur des tubes adsorbants imprégnés alors que pour les mesures instantanées, des lectures ont été prises à l'aide d'un analyseur infrarouge suivant les méthodes standard de l'IRSST (13-14).

Pour les quatre usines, cinquante-quatre échantillons sur tubes ont été prélevés en zone respiratoire des travailleurs. Selon nos observations et les discussions avec les travailleurs, les contremaîtres et les responsables en santé et sécurité, les échantillonnages faits pour des périodes totales de 3 à 6 heures par jour étaient représentatifs du travail effectué pendant tout le quart de travail. Vingt-trois prélèvements ont été faits à des postes fixes de travail jugés représentatifs de l'exposition des travailleurs y oeuvrant ou près de sources d'émission où les travailleurs peuvent être appelés à œuvrer dans le cadre de leur travail. Huit heures d'enregistrement de données ponctuelles d'une minute ont été prises aux postes de travail et aux sources d'émission.

Le tableau 7 présente pour ces établissements, les titres d'emploi évalués, les résultats bruts des échantillonnages, la valeur moyenne pondérée sur 8 heures résultante (VEMP) et la valeur maximale obtenue. Sauf indication contraire, les valeurs sont celles mesurées en zone respiratoire pour les VEMP; les valeurs maximales ont été obtenues en air ambiant au poste de travail. Il est à noter que ces valeurs d'exposition ne tiennent pas compte du port de protection respiratoire par les travailleurs ni des procédures de sécurité mises en place par les entreprises.

Tableau 7 : Exposition des travailleurs de 4 usines de fabrication de résines de formaldéhyde

Professions normalisées	Usine	Concentration (ppm)		
		Valeur brute (min)[1]	VEMP[2]	Valeur maximale[3]
Opérateur de formaldéhyde	1	0,16 (173) 0,17 (135)	< 0,3	0,7
	2	0,08 (155+150)[5]	< 0,3	< 0,3
		0,24 (125+151)[5]	< 0,3	< 0,3
	4	0,16 (155)	< 0,3	< 0,3
Opérateur de résine	1	0,16 (180+203)[5]	< 0,3	0,7

Professions normalisées	Usine	Concentration (ppm)		
		Valeur brute (min)[1]	VEMP[2]	Valeur maximale[3]
		0,16 (160+155)[5]	< 0,3	0,7
		0,16(155) 0,24 (150)	< 0,3	0,7
	2	0,05 (335) AA[4]	< 0,3	< 0,3
	3	0,08 (290)	< 0,3	< 0,3
		< 0,04 (250)	< 0,3	< 0,3
		0,14 (285)	< 0,3	< 0,3
	4	0,27 (153)	< 0,3	< 0,3
		0,16 (156)	< 0,3	< 0,3
Préposé à la réception / expédition, ensacheur, cariste	1	< 0,07 (205+135)	< 0,3	< 0,3
	2	0,07 (170+139)[5]	< 0,3	< 0,3
		0,40 (163) < 0,07 (134)	< 0,3	1,4
		<0,07 (170+131)	< 0,3	< 0,3
	3	0,16 (290)	< 0,3	1,1
		0,40 (315)	0,32	1,1
Préposé à l'entretien	1	0,16 (174) < 0,08 (98)	< 0,3	0,7
		0,06 (175)	< 0,3	0,7
		0,16 (170) < 0,07(120)	< 0,3	0,7
	2	0,08 (168) 0,16 (186)	< 0,3	< 0,3
		0,08 (175) 0,12 (186)	< 0,3	< 0,3
		0,08 (173) 0,16 (150)	< 0,3	< 0,3
		0,08 (175) 0,24 (135)	< 0,3	< 0,3
		0,12 (175+174)[5]	< 0,3	< 0,3
	3	0,90 (257) AA	< 0,3	0,9
Contremaître	3	< 0,07 (130)	< 0,3	< 0,3
Employé de laboratoire	1	0,24 (185+95)[5]	< 0,3	< 0,03
		0,16 (180)	< 0,3	< 0,03
		0,40 (170)	0,4	0,7
	2	0,12 (175) 0,16 (154)	< 0,3	0,4
		0,16 (155) 0,08 (152)	< 0,3	0,4
	3	0,07 (289) AA	< 0,3	< 0,3
	4	0,18 (150) AA	< 0,3	< 0,3
Contremaître	1	0,08 (147+125)[5]	0,08	0,5

[1] Il s'agit de la valeur mesurée pendant la réalisation de la tâche. La durée du prélèvement est indiquée entre parenthèses

[2] Il s'agit de la valeur moyenne pondérée sur 8 heures calculée selon le Règlement sur la santé et la sécurité du travail du Québec

[3] Il s'agit de la valeur maximale mesurée soit par l'instrument à lecture directe soit par l'échantillonnage sur tubes à des sources d'émission. Cette valeur est considérée comme valeur plafond d'exposition.

[4] AA = air ambiant du poste de travail

[5] Il s'agit d'échantillons pris sur un même travailleur et donnant le même résultat.

6 EXPOSITION DES TRAVAILLEURS : AUTRES MESURES TERRAIN

Le bilan de la collecte de données d'exposition des travailleurs au formaldéhyde pour chacun des huit établissements est présenté au tableau 8. Ces données proviennent soit des mesures prises par les CLSC dans le cadre des programmes de santé soit des mesures prises par les établissements (Éta) eux-mêmes dans le cadre de leur programme de surveillance de l'exposition.

Tableau 8 : Nombre d'évaluations de l'exposition au formaldéhyde dans sept des huit usines de fabrication de résines à base de formaldéhyde

Évaluations en personnel				**Évaluations en poste fixe**			
Durée ≥ 240 min		**Durée < 240 min**		**Durée ≤ 15 min**		**Durée > 15 min**	
Éta	CLSC	Éta	CLSC	Éta	CLSC	Éta	CLSC
478	21	29	1	405	46	0	32

Les évaluations de l'exposition en personnel correspondent à l'estimation sur huit ou douze heures du niveau d'exposition d'un travailleur; elles ne correspondent pas nécessairement aux données brutes prélevées par les instruments de mesure. Si plusieurs mesures ont été prises en série ou en parallèle pour déterminer le niveau d'exposition d'un travailleur pour une journée précise, ces mesures ont été pondérées et fusionnées en une seule évaluation de l'exposition. Les évaluations en poste fixe ont été utilisées telles que produites. Neuf cent cinquante mesures ont été compilées soit 883 mesures prises par les établissements et 67 par les CLSC.

Ces mesures ont été obtenues avec divers instruments. Les mesures en personnel faites par les établissements proviennent essentiellement de dosimètres passifs alors que celles des CLSC sont issues de tubes d'échantillonnage recommandés par l'IRSST. La grande majorité des mesures en poste fixe faites par les établissements l'ont été à l'aide d'instruments à lecture directe ou avec des tubes colorimétriques alors que celles des CLSC l'ont été avec la méthode photo-acoustique de l'IRSST. L'ensemble des méthodes instrumentales est présentée à l'appendice 2.

Les évaluations sont distribuées dans le temps de façon très inégale tel qu'on peut l'observer dans les tableaux 9 et 10.

On constate également que nous ne possédons aucune évaluation pour un des établissements et que nous n'avons que des évaluations en poste fixe pour l'établissement U05.

Tableau 9 : Nombre de mesures en personnel (durée du prélèvement supérieure à 240 minutes)

Année	U01[1]	U02	U03	U04	U05	U06	U07	U08
2002		16 (U)					6 (U)	
2001	70 (U)[2]		15 (U)				4 (U)	
2000	57 (U)						7 (U)	
1999	62 (U)							1 (CLSC)
1998	72 (U)			4 (CLSC)			7 (U)	
1997	60 (U)							7 (CLSC)
1996	61 (U)							
1994							7 (U)	
1992							11 (U)	
1986	9 (CLSC)							
1983							5 (U)	
1982							4 (U)	
1980							14 (U)	
Total	391	16	15	4	0	0	65	8

1 L'indication U01, U02... en abscisse dans ces tableaux et les suivants identifie l'usine mesurée

2 Dans les cellules individuelles, l'indication U signifie que les mesures ont été prises par l'usine elle-même

Tableau 10 : Nombre de mesures en personnel (durée du prélèvement inférieure à 15 minutes)

Année	U01	U02	U03	U04	U05	U06	U07	U08
2002		5 (U)	30 (U)		2 (U)			
2001	15 (U)		101 (U)		71 (U)			
2000	25 (U)		68 (U)					
1999	18 (U)							
1998	24 (U)			6 (CLSC)				
1997	16 (U)							6 (CLSC)
1996	20 (U)				34 (CLSC)			
Total	128	5	199	6	107	0	0	6

7 MATRICES D'EXPOSITION

7.1 Construction des matrices

La démarche est essentiellement celle présentée dans l'appendice 4 mais les données utilisées ne proviennent que de mesures prises dans les établissements québécois par les établissements eux-mêmes, par les CLSC et par l'IRSST dans le cadre des mesures terrain. Les données de la littérature n'ont été utilisées qu'à titre de comparaison, compte tenu du grand nombre de mesures prises au Québec. Aucune révision des distributions obtenues des paramètres statistiques n'a été faite par des experts indépendants.

7.1.1 Analyse qualitative des évaluations de l'exposition

Pour la construction des matrices, nous n'avons retenu qu'une partie des évaluations de l'exposition. Dans le cas des évaluations en personnel, seulement les évaluations dont la durée était supérieure ou égale à 240 minutes ont été retenues; une évaluation de 4 heures, ce qui correspond à la moitié d'un quart de travail de 8 heures semblait une valeur minimale à respecter puisque la majorité des quarts de travail était de 12 heures. Dans le cas des évaluations en poste fixe, seuls les prélèvements dont la durée était inférieure ou égale à 15 minutes ont été retenus puisque l'on vise surtout à évaluer avec ces données, les risques en valeur plafond.

La liste des évaluations faites par l'IRSST, les CLSC et les établissements a été dressée pour chacune des usines; on a ensuite compilé toutes ces mesures en séparant celles en personnel de celles en poste fixe. Des exemples sont donnés au tableau 11.

Tableau 11 : Exemples de compilation de mesures pour tous les établissements

Usine	Mesures par	Année/ Mois	HCHO ppm	Durée min	Méthode	Profession / Poste	Profession /Poste normalisé
Mesures en personnel							
U02	U02	2001/10	0,04	480	Dosimètre passif 3M	Opérateur HCHO	A
U03	IRSST	2002/6	0,08	305	IRSST 295-1	Chef opérateur HCHO	A
U05	U05	1994/10	0,05	534	Dosimètre passif GMD	Opérateur réacteur	B
U04	CLSC	1986/1	0,10	420	IRSST - 109	Opérateur formaldéhyde	A

Usine	Mesures par	Année/ Mois	HCHO ppm	Durée min	Méthode	Profession / Poste	Profession /Poste normalisé
Mesures en poste fixe							
U07	IRSST	2001/9	0,14	1	B&K	Salle - Urée	2.1
U08	CLSC	1997/4	0,35	1	Tube Drager	Laboratoire	7.3
U01	U01	2001/12	1,15	1	Interscan	Salle contrôle	1.2

Une analyse qualitative de l'ensemble des données a été faite pour déterminer s'il y avait lieu :

- De ne considérer que les évaluations les plus récentes,
- De pondérer les interprétations en fonction de la période de l'année ou
- D'éliminer certains résultats jugés non représentatifs.

Cette analyse, qui vise à vérifier la distribution des évaluations selon ces trois facteurs, présente les résultats sous forme logarithmique; la pratique en hygiène du travail est de traiter la distribution des expositions aux contaminants de l'air comme une distribution lognormale après avoir effectué les tests d'ajustement appropriés. La distribution temporelle des différentes campagnes d'évaluation et le nombre inégal d'évaluations faites dans chaque établissement a rendu impossible une analyse statistique rigoureuse des valeurs utilisées; on s'est donc contenté d'une analyse qualitative avant de procéder à la construction des matrices. On ne pouvait différencier la variation en fonction des années de celle en fonction des organismes prenant les mesures quand, par exemple, les mesures d'une année n'ont été prises que par les CLSC alors qu'une autre année, elles ne l'ont été que par l'IRSST.

7.1.2 Matrices établissement-exposition

Une évaluation des professions et des postes normalisés de tous les établissements a été faite pour déterminer à quelle plage de valeur d'exposition chacun d'eux appartenait en fonction des critères suivants :

- Dans le cas de la distribution en fonction d'une valeur d'exposition admissible (VEA) pondérée sur 8 heures, le 95^{e} percentile des valeurs d'exposition de la profession normalisée la plus exposée tel qu'obtenu du calcul de la moyenne géométrique et de l'écart type géométrique pour cette profession
- Dans le cas de la distribution en fonction d'une valeur d'exposition admissible (VEA) « plafond », le 95^{e} percentile des valeurs d'exposition du poste de travail normalisé le plus exposé (où il y a une probabilité de présence d'un travailleur) tel qu'obtenu du calcul de la moyenne géométrique et de l'écart type géométrique de l'exposition à ce poste.

Pour fins de comparaison, on a aussi évalué la distribution en utilisant la moyenne géométrique des évaluations de professions et de postes les plus exposés.

7.1.3 Matrices emploi-exposition

Les résultats retenus pour chaque usine ont été fusionnés en une seule liste de manière à construire les matrices emploi-exposition.

Pour la matrice emploi-exposition selon une VEA moyenne pondérée sur huit heures, les évaluations en personnel ont été utilisées telles que tirées des listes de chaque usine. Pour chaque regroupement selon le code de profession normalisée, une moyenne géométrique et un écart-type géométrique des valeurs d'exposition ont été calculés. De ces deux valeurs et de la distribution des professions normalisées dans les huit usines (Tableau 13), on tire la matrice emploi-exposition pour la VEA moyenne pondérée sur huit heures.

Pour la matrice emploi-exposition selon une VEA en valeur plafond, il est nécessaire de faire une série de transformation des données où l'expertise professionnelle entre en jeu. Pour chaque regroupement selon le code de poste normalisé, une moyenne géométrique et un écart-type géométrique des évaluations d'exposition en poste fixe ont été calculés; de plus la valeur maximale d'exposition de chaque établissement a été compilée.

Ces valeurs d'exposition en poste fixe doivent être transformées en valeurs d'exposition personnelle. L'approche suivante a été utilisée car elle a été la seule jugée représentative de l'exposition réelle des travailleurs en vue d'une VEA en valeur plafond :

> Répertorier le potentiel d'exposition de chaque profession normalisée à chacun des postes normalisés en fonction d'une certaine régularité reliée au travail; par exemple tous les postes de l'usine de formaldéhyde seront considérés pour l'opérateur de formaldéhyde mais aucun des postes de l'usine de résine. Assigner à cette profession normalisée la distribution définie par cette moyenne et cet écart type géométriques. De ces deux valeurs et de la distribution des professions normalisées dans les huit usines, on tire la matrice emploi-exposition pour la VEA en valeur plafond.

7.2 Résultats

7.2.1 Nombre d'établissements et de travailleurs au Québec

Le tableau 12 présente la distribution du nombre d'établissements et du nombre de travailleurs dans les deux secteurs d'activité économique CAEQ 3712 et 3731 selon les deux sources d'information utilisées.

Tableau 12 : Portrait des secteurs d'activité économique 3712 et 3731

CLASSE	Nombre d'établissements		Nombre de travailleurs	
	CSST	CRIQ*	CSST	CRIQ*
3712 Industrie des produits chimiques organiques d'usage industriel	38	4	1050	87
3731 Industrie des matières plastiques et des résines synthétiques	39	42	988	2149

* : Les chiffres du Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) proviennent de la consultation de leur base de données disponible en ligne (ICRIQ) le 9 décembre 2002.

Une enquête a permis d'établir le nombre d'établissements fabriquant du formaldéhyde et des résines à base de formaldéhyde au Québec et le nombre de travailleurs au sein de chacune d'elle (Consultation Usines-CLSC). Les matrices emploi-exposition seront construites à l'aide des nombres issus de cette enquête.

Les fabricants de résine à base de formaldéhyde sont au nombre de huit et comptent un total de 314 travailleurs.

- Cinq établissements fabriquent le formaldéhyde sur place,
- Deux ne produisent du formaldéhyde que pour leur propre fabrication de résine.
- Deux établissements fabriquent de la résine en poudre.
- Un établissement ne fait que le séchage de la résine liquide produite ailleurs.

La distribution des travailleurs par profession normalisée pour l'ensemble des 8 établissements est présentée au tableau 13. Cette distribution représente le nombre de travailleurs recensés lors de la consultation Usines – CLSC.

Tableau 13 : Distribution des travailleurs par profession normalisée dans les usines du Québec

Profession normalisée	Nombre	%
Opérateur de formaldéhyde	18	6
Opérateur de résine	71	23
Opérateur de séchoir de résine	12	4
Préposé à la Réception/expédition, ensacheur, remplisseur de baril et cariste	41	13
Maintenance	52	17
Contremaître de production et maintenance	21	7
Employé de laboratoire	17	5

Profession normalisée	Nombre	%
Employé de bureau	82	26
Total (Administration (82) et Production (232))	314	100

7.2.2 Analyse quantitative des données d'évaluation de l'exposition

Les tests statistiques ont été réalisés en utilisant le logiciel IHSTAT pour les cas où le nombre de mesures était inférieur à 50; dans les autres cas, la conformité des valeurs à un modèle de distribution lognormale et normale a été établie par une méthode graphique.

- Analyse des évaluations en personnel

Cette section présente les résultats de l'analyse qualitative des évaluations considérées pour la construction des matrices pour les VEA en moyenne pondérées sur huit heures. Le résumé des mesures utilisées pour la réalisation des matrices est présenté au tableau 14.

Tableau 14 : Synthèse des mesures de 1980 à 2002 – évaluations en personnel

Profession normalisée	Nombre de mesures	M.G.	É.G.	95%	Test Ln	Test No
Opérateur de formaldéhyde	78	0,19	2,13	0,59	Oui	Non
Opérateur de résine	136	0,11	2,52	0,45	Oui	Non
Opérateur de séchoir de résine	2	0,04	1,72	0,06	-----	------
Préposé à la Réception/Expédition, ...	159	0,16	3,05	1,33	Oui	Non
Maintenance	76	0,12	1,97	0.46	Oui	Non
Contremaître de production et ...	1	0,14	-----	------	-----	------
Employé de laboratoire	75	0,10	1,84	0,26	Oui	Non
Employé de bureau	5	0,07	2,44	0,21	-----	------

Le graphique des évaluations par plage d'années (Figure 1) semble indiquer une légère diminution de la moyenne des logarithmes des expositions (ligne blanche à l'intérieur de la boîte). Cependant, compte tenu de la grande variabilité des résultats cette tendance n'est pas significative. L'ensemble des évaluations a donc été utilisé pour la construction des matrices. La même analyse s'applique à la variabilité selon la période de l'année (Figure 2).

La différence observée entre l'établissement 4 et les autres dans la distribution des évaluations de ln(concentration) selon les usines (Figure 3) n'a pas d'impact non plus puisque cet établissement n'a contribué qu'à la détermination d'une seule profession normalisée qui lui est propre, c.à.d. qu'on ne la retrouve dans aucun autre établissement.

Figure 1 : Distribution des évaluations ln(concentration en ppm) compilées par plage d'années

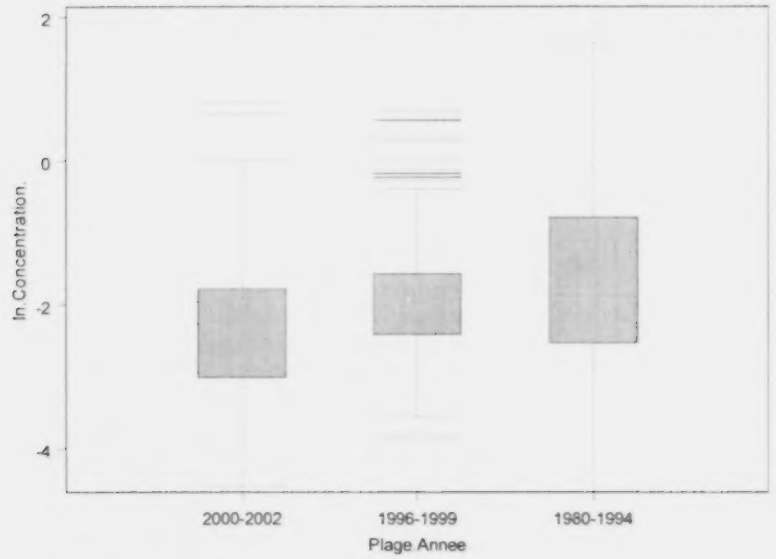


Figure 2 : Distribution des évaluations ln(concentration en ppm) compilées par période de l'année

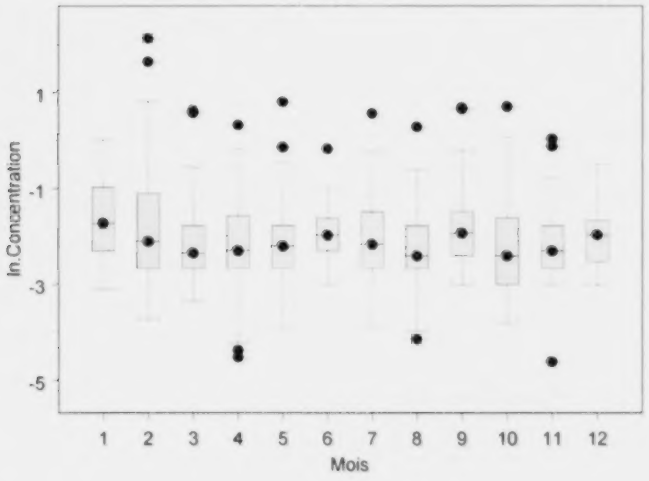
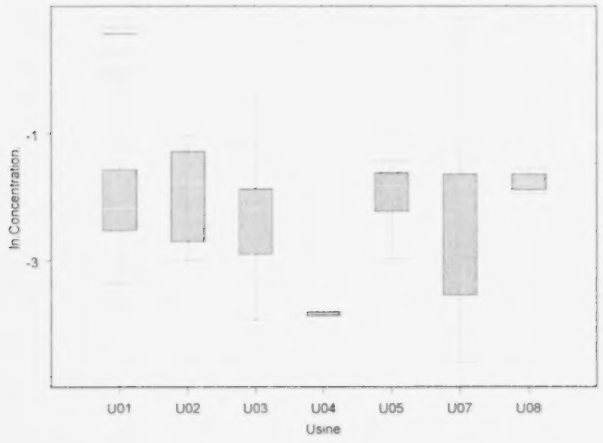


Figure 3 : Distribution des évaluations ln(concentration en ppm) compilées selon les usines



- Analyse des évaluations en poste fixe

Cette section présente les résultats de l'analyse qualitative des évaluations considérées pour la construction des matrices pour les VEA en valeur plafond. Le résumé des mesures utilisées pour la réalisation des matrices en valeur plafond est présenté au tableau 15.

Tableau 15 : Synthèse des mesures de 1980 à 2002 – Mesures en poste fixe

Zone/Poste normalisé (Profession normalisée)	Nombre de mesures	M.G.	É.G.	95%	Test Ln	Test No
1 - Fabrication de formaldéhyde (A, E, F)	196	0,38	3,35	6,16	Oui	Non
2 – Fabrication de résine (B, E, F)	167	0,23	4,56	3,86	Non	non
6 – Traitement des eaux usées (E)	39	0,36	6,39	2,11	Non	Non
2.4 - Chargement de petits contenants (D)	12	0,67	4,51	8,53	Oui	Non
3.1 – Salle des réacteurs (C)	4	0,13	1,84	0.26	-----	------
3.2 - Salle de contrôle et de tests (G)	1	0,14	-----	------	-----	------
5.2 - Réservoirs de résine (D)	6	0,06	1,33	0,08	-----	------
7.3 – Laboratoire (G)	20	0,03	5,87	0,56	Non	Non
8.0 – Bureaux (H)	1	0,12	-----	------	-----	------

Le graphique des évaluations par plage d'années (Figure 4) semble indiquer une légère diminution de la moyenne des logarithmes des expositions (ligne blanche à l'intérieur de la boîte). Cependant, compte tenu de la grande variabilité des résultats, cette tendance n'est pas significative. L'ensemble des évaluations a donc été utilisé pour la construction des matrices.

La même analyse s'applique à la variabilité selon la période de l'année (Figure 5) ou selon une usine en particulier (Figure 6).

Figure 4 : Distribution des évaluations ln(concentration en ppm) compilées par plage d'années

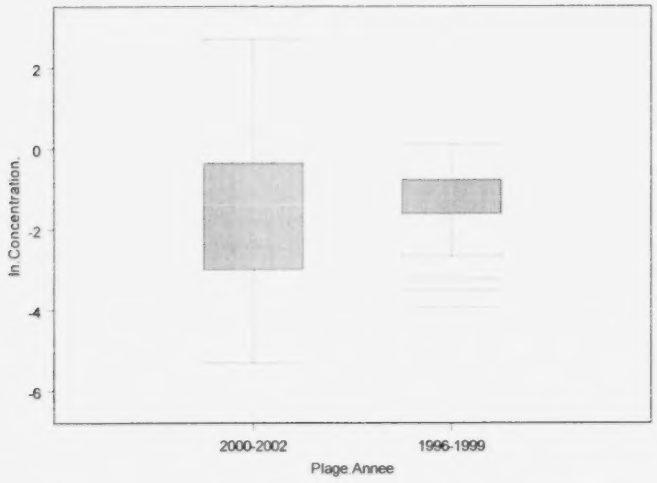


Figure 5 : Distribution des évaluations ln(concentration en ppm) compilées par période de l'année

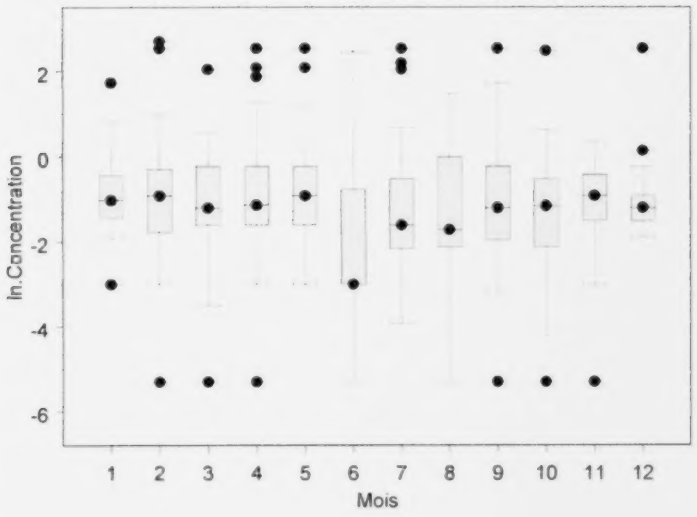
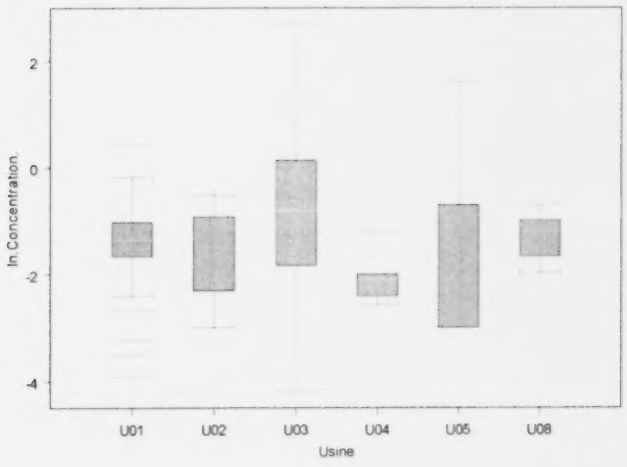


Figure 6 : Distribution des évaluations ln(concentration en ppm) compilées selon les usines



7.2.3 Matrices établissement-exposition

Les critères présentés à la section 7.1.2 ont été utilisés dans l'analyse des sept établissements pour lesquels des valeurs d'exposition ont été produites. Ceci a permis la construction des deux matrices établissement-exposition présentées au tableau 16. En l'absence de données pour l'établissement U06 on a utilisé la moyenne arithmétique des valeurs obtenues dans les établissements U04 et U05; l'évaluation des procédés présents dans U06, dont la description a été fournie par l'établissement lui-même, a permis de définir ces procédés comme similaires à une partie de chacune des usines U04 et U05.

Tableau 16 : Distribution des établissements selon les niveaux d'exposition

Critère	Nombre d'établissements	Distribution des établissements selon les niveaux d'exposition en ppm				
		HCHO≤ 0,3	0,3<HCHO≤ 0,75	0,75<HCHO≤ 1	1<HCHO≤ 2	HCHO>2
Valeur d'exposition moyenne pondérée 8 heures						
95*	8	3	3	1	0	1
M.G.#	8	8	0	0	0	0
Valeur d'exposition plafond						
95*	8	1	3	0	3	1
M.G.#	8	2	5	0	0	1

*:Pour classer l'établissement dans une plage ou l'autre, on utilise les valeurs de la plage qui cerne le 95^{e} percentile des valeurs d'exposition de la profession normalisée la plus exposée.
#: Pour classer l'établissement dans une plage ou l'autre, on utilise les valeurs de la plage qui cerne la moyenne géométrique des valeurs d'exposition de la profession normalisée la plus exposée.

7.2.4 Matrices emploi-exposition

Selon la méthodologie décrite en 7.1.3, les matrices emploi-exposition ont été construites avec l'ensemble des évaluations jugées utilisables tel que présenté en 7.1.1. Le tableau 17 présente la distribution des travailleurs en fonction de leur exposition en moyenne pondérée sur huit heures et plafond.

Tableau 17 : Distribution des travailleurs par plages d'exposition au formaldéhyde

Professions normalisées	HCHO≤ 0,3	0,3<HCHO≤ 0,75	0,75<HCHO≤ 1	1<HCHO≤ 2	HCHO>2
Valeur d'exposition moyenne pondérée 8 heures					
Opérateur de formaldéhyde	13	4	0	0	0
Opérateur de résine	61	8	1	1	0
Opérateur de séchoir de résine	12	0	0	0	0
Préposé à la réception /Ensacheur	29	8	1	2	0
Maintenance	48	4	0	0	0
Contremaître de production	17	4	0	0	0
Employé de laboratoire	16	1	0	0	0
Personnel de bureau	77	4	0	0	0
Total pour le secteur* (314 travailleurs)	274	34	3	3	0
Valeur plafond					
Opérateur de formaldéhyde	8	5	1	2	2
Opérateur de résine	40	15	4	6	6
Opérateur de séchoir de résine	11	1	0	0	0
Préposé à la réception /Ensacheur	12	10	3	7	10
Maintenance	24	10	3	6	9
Contremaître de production	9	6	2	3	2
Employé de laboratoire	15	1	0	0	0
Personnel de bureau	64	13	2	2	0
Total pour le secteur* (314 travailleurs)	183	61	15	26	29

* Les totaux peuvent être différents de la somme des valeurs inscrites dans les cellules du tableau en raison de l'arrondissage des valeurs calculées à l'aide de proportions.

7.2.5 Comparaison des évaluations de l'exposition selon les trois sources d'information

Bien que les valeurs de la littérature, de la base de donnée IMIS et de notre recherche soient toutes du même ordre de grandeur, on observe que les moyennes de notre recherche sont

systématiquement plus basses que celles des deux autres sources d'information. Cette comparaison est présentée au tableau 18.

Comme l'analyse en 7.2.2 indique qu'il y aurait une légère diminution des expositions au fil des années, cette différence pourrait s'expliquer partiellement par une proportion plus grande de vieux résultats dans la littérature et dans la base de donnée IMIS.

Un autre facteur peut être à l'origine de cette différence. Dans le cas des études de NIOSH et de la base de données IMIS, les mesures ont été prises le plus souvent dans les pires scénarios puisqu'elles l'ont été suite à des plaintes. La majorité des mesures issues de notre projet proviennent d'une surveillance périodique programmée, indépendante des événements accidentels.

Tableau 18 : Comparaison des sources de données d'exposition

Professions normalisées	Source d'information	Nombre d'échantillons	Moyenne géométrique (ppm)	Écart-type géométrique (ppm)
Valeur d'exposition moyenne pondérée 8 heures				
Opérateur de formaldéhyde	Littérature (1982)	4	0,32	1,53
	Projet formaldéhyde	78	0,19	2,13
Opérateur de résine	Littérature (1982)	3	0,18	1,91
	Base de données IMIS (1980-2000)	14	0,16	4,51
	Projet Formaldéhyde	136	0,11	2,52
Préposé à la réception/expédition, ensacheur, remplisseur de baril et cariste	Base de données IMIS (1984-1990)	9	0,22	2,79
	Projet Formaldéhyde	159	0,16	3,05
Valeur plafond				
Opérateur de résine	Base de données IMIS (1981-1993)	11	0,55	4,23
	Projet Formaldéhyde	167	0,23	4,56

8 SOURCES D'EXPOSITION

Des sources d'émission ont été identifiées lors de la fabrication de formaldéhyde et des résines phénoliques ou aminées.

Dans le cas de la fabrication de formaldéhyde, les sources d'émissions de formaldéhyde sont essentiellement:

- Les fuites possibles d'une multitude de joints d'étanchéité dans la tuyauterie
- Le remplacement périodique d'équipement de filtration dans la salle des pompes
- Les travaux d'entretien sur l'équipement de production
- Le remplissage des camions et des wagons citernes
- Les déversements accidentels
- Pour certaines des usines, les systèmes de traitement des eaux usées.

Dans le cas de la fabrication de résines phénoliques ou aminées, les sources d'émission sont les mêmes auxquelles il faut ajouter :

- La prise d'échantillons pour vérifier le niveau d'avancement de la réaction
- L'ouverture de l'écoutille pour diverses raisons
- Le remplissage des fûts
- L'ensachage des sacs de résines en poudre.

Au Québec, trois usines sur huit produisent simultanément des résines aminées et des résines phénoliques. On produit exclusivement des résines aminées dans trois usines et des phénoliques dans les deux autres. Hormis l'usine dont le niveau de production est dix fois plus faible que les autres, le niveau de production semble osciller entre 50 000 et 90 000 tonnes métriques de résine. Cinq usines sur huit produisent leur propre formaldéhyde dont l'utilisation peut être complètement captive ou dont la vente peut représenter jusqu'à 60% de la production. L'absence de données concernant un des établissements et le faible nombre de données dans deux autres ne permet pas d'établir une relation entre le type de résine ou les niveaux de production et les niveaux d'exposition.

L'évaluation des activités à risque avec les responsables de la santé et sécurité des établissements a confirmé l'information présentée dans la littérature. Ce sont essentiellement des tâches dont les niveaux d'exposition peuvent être maîtrisés par de la ventilation par aspiration localisée et par la protection respiratoire. Ce sont :

- Le changement des filtres sur la tuyauterie vers les réservoirs d'entreposage de formaldéhyde et de résines

- La connexion, déconnexion et mesure de niveaux lors du chargement en vrac de formaldéhyde et de résine
- Le chargement par tuyauterie flexible des barils de résine
- Les travaux de réfection, d'entretien et de nettoyage des cuves de réaction dans la fabrication des résines
- L'inspection et l'entretien des bassins d'un système de traitement des eaux usées
- Le nettoyage suite à un déversement accidentel.

Cette analyse ne tient pas compte des événements accidentels comme celui où 6 travailleurs ont été hospitalisés le 3 décembre 1999 pour intoxication au formaldéhyde chez un fabricant de résine suite à la surchauffe d'un équipement (Radio-Canada 99-12-04).

9 CORRECTIFS ET PRÉVENTION

9.1 Recommandations générales

La synthèse des mesures de prévention suggérées par NIOSH (11-12) se présente de la façon suivante :

- Installer de la ventilation par aspiration localisée au poste de remplissage des barils,
- Utiliser des masques de protection respiratoire dans l'attente de l'installation de la ventilation au poste du remplissage des barils,
- Instaurer un programme de protection respiratoire comportant
  - La formation des travailleurs,
  - des mécanismes de nettoyage et d'entretien de l'équipement et
  - l'évaluation périodique de l'étanchéité réelle des masques,
- Rendre étanche les écoutilles des cuves de résines et les points de prélèvement d'échantillons ou les équiper de ventilation par aspiration localisée,
- Modifier l'alimentation d'air frais des salles de contrôle de façon à aller chercher de l'air non contaminée provenant de l'extérieur de l'édifice,
- Toujours utiliser des hottes dans les laboratoires pour les analyses d'échantillons,
- S'assurer de la qualité des méthodes de travail et de l'entretien préventif de l'équipement pour minimiser les émissions de formaldéhyde et
- Instaurer un programme d'évaluation régulière de l'exposition des travailleurs au formaldéhyde.

On pourrait y ajouter la recommandation suivante :

- Dans l'attente de la mise au point de techniques de chargement efficaces, instaurer le port systématique de protection respiratoire lors du chargement en vrac de formaldéhyde et de résine en contenant plus de 5 % et lors du déchargement du formaldéhyde
  - au moment de la connexion et de la déconnexion de la tuyauterie et
  - à tout moment où le travailleur est exposé à une surface de résine ou de formaldéhyde en solution.

À cause des effets irritatifs du formaldéhyde, les équipements de protection individuelle doivent protéger les voies respiratoires et les yeux (15).

- Pour des concentrations supérieures à 20 ppm, qui est la concentration de danger immédiat pour la vie et la santé (DIVS), le port d'un appareil respiratoire autonome est obligatoire
- Pour les concentrations de formaldéhyde en deçà de 20 ppm et jusqu'à la valeur admissible, le port d'un masque complet à cartouches filtrantes est recommandé. Selon le facteur de protection nécessaire, un masque complet (facteur de protection de 100) ou un demi-masque (facteur de protection de 10) est utilisé. Si un demi-masque est utilisé, il faut également porter des lunettes protectrices étanches.

9.2 Situation au Québec

- Évaluation de l'exposition

Quatre établissements sur huit ont leur propre programme d'évaluation de l'exposition alors que les quatre autres utilisent les programmes des CLSC. Des coûts annuels variant de 2000$ à 75000$ ont été mentionnés; cependant le montant de 75000$ représente l'ensemble du programme de l'entreprise dont la mesure du formaldéhyde n'est qu'une partie.

- Protection respiratoire

L'utilisation de la protection respiratoire pour des tâches ponctuelles est systématique. Les masques filtrants sont le type le plus utilisé bien que pour des tâches d'entretien spécifiques on ait mentionné l'utilisation de respirateurs autonomes et à adduction d'air. Les coûts annuels du programme (achat, entretien et formation) semble varier de 200$ à 300$ en moyenne par travailleur par an selon les deux établissements qui ont fourni des chiffres à cet effet. L'achat de respirateurs autonomes s'est chiffré à environ 300$ par personne dans un cas alors qu'aucun coût n'était disponible pour le système à adduction d'air.

À cause des effets irritatifs du formaldéhyde, les équipements de protection individuelle doivent protéger les voies respiratoires et les yeux. (15).

- Pour des concentrations supérieures à 20 ppm, qui est la concentration de danger immédiat pour la vie et la santé (DIVS), le port d'un appareil respiratoire autonome est obligatoire.
- Pour les concentrations de formaldéhyde en deçà de 20 ppm et jusqu'à la valeur admissible, le port d'un masque complet à cartouches filtrantes est recommandé. Selon le facteur de protection nécessaire, un masque complet (facteur de protection de 100) ou un demi-masque (facteur de protection de 10) est utilisé. Si un demi-masque est utilisé, il faut également porter des lunettes protectrices étanches.

- Ventilation

Seulement deux établissements ont pu fournir un estimé des niveaux de ventilation générale et ce pour une partie de leurs installations seulement. Ceux-ci se situent aux environs de 3 changements d'air frais à l'heure dans un cas et de 5 à 10 changements d'air dans l'autre. Les évaluations respectives en poste fixe sont en proportion inverse à celle des taux de ventilation. Il est donc difficile d'en tirer une conclusion. Aucune information n'était disponible concernant la ventilation par aspiration localisée.

10 IMPACTS SUR LA SANTÉ

Afin de déterminer les impacts sur la santé d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde, il a été nécessaire d'établir la relation entre l'exposition au formaldéhyde dans divers milieux de travail au Québec et l'apparition d'effets sur la santé à partir des données existantes dans la littérature scientifique puis de l'appliquer au secteur concerné.

10.1 Établissement de la relation entre l'exposition et les effets sur la santé

Les effets choisis dans le cadre de cette analyse sont les effets les plus précoces, c'est-à-dire que ce sont les premiers effets à apparaître. Il s'agit donc des effets irritatifs des muqueuses et des voies respiratoires supérieures, principalement les yeux, le nez et la gorge. Les autres effets causés par le formaldéhyde sont décrits en détail dans l'annexe 1 du rapport final, mais ne seront pas abordés dans cette partie.

Après un choix critique de la littérature appropriée à l'aide de critères préétablis et l'extraction des données rapportées dans les différents articles retenus (dont les durées d'exposition varient de 90 secondes à 3 heures), la relation entre l'exposition au formaldéhyde et l'apparition d'effets irritatifs a été établie. L'analyse de l'ensemble de ces données a permis de calculer le pourcentage moyen de réponse attribuable à une exposition au formaldéhyde (pourcentage de travailleurs susceptibles de présenter des irritations) selon le site d'effet irritatif considéré (irritation des yeux, du nez ou de la gorge) et la concentration d'exposition (0 ppm, 0,3 ppm, 0,75 ppm, 1,0 ppm et 2,0 ppm). Les effets ont été catégorisés selon leur sévérité : effet modéré (supportable ou gênant) ou effet sévère. La

démarche suivie pour la construction du tableau des résultats est détaillée dans l'annexe 1 du rapport final.

Le tableau 19 présente le pourcentage théorique moyen de personnes susceptibles de présenter des irritations pour les diverses concentrations d'exposition considérées, déterminé à partir de l'ensemble des études de la littérature avec un degré de confiance suffisant pour être retenues et à partir des régressions linéaires effectuées.

Tableau 19 : Pourcentage moyen théorique de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritatifs modérés ou sévères aux yeux, au nez et à la gorge selon leur exposition au formaldéhyde

Effet considéré	Pourcentage de travailleurs				
	0–< 0,3 ppm	0,3–0,75 ppm	0,75–1,0 ppm	1,0- <2,0 ppm	≥ 2,0 ppm
Irritation des yeux – effet modéré	0 %	0 %	6,3 %	10,1 %	14,9 %
Irritation des yeux – effet sévère	0 %	0 %	0 %	0,8 %	1,9 %
Irritation du nez – effet modéré	0 %	0 %	1,6 %	4,5 %	12,4 %
Irritation de gorge – effet modéré	0 %	0 %	1,6 %	4,6 %	12,6 %

Ce tableau indique donc que, par exemple, parmi les travailleurs exposés à une concentration en formaldéhyde entre 0,75 ppm et 1,0 ppm, 6,3 % d'entre eux sont susceptibles de présenter des irritations modérées des yeux, aucun ne serait susceptible de présenter des irritations sévères des yeux et 1,6 % d'entre eux pourraient présenter des irritations modérées du nez ou de la gorge.

Cependant, il est à noter que :

- Les classes d'exposition les plus faibles présentent un pourcentage de réponse nul attribuable à l'exposition au formaldéhyde puisque le bruit de fond (fréquence d'apparitions des irritations observées en milieu contrôlé à la concentration zéro) a été retranché (16,17). Tous les pourcentages mentionnés dans le tableau se réfèrent exclusivement aux effets irritatifs attribuables au formaldéhyde
- L'apparition des effets n'est pas reliée à la durée de l'exposition. Les effets apparaissent rapidement après le début de l'exposition, mais ne s'aggravent pas avec le temps. Il ne semble pas y avoir d'effet cumulatif de l'exposition pour les effets irritatifs car les études de la littérature présentent des pourcentages de réponse semblables et des effets de sévérité semblable pour des durées d'exposition variant entre 90 secondes et 3 heures (18)
- Les effets mentionnés dans le tableau sont des effets réversibles et cessent peu de temps après l'arrêt de l'exposition
- La fréquence d'apparition des effets modérés augmente lorsque la concentration d'exposition s'intensifie

- La catégorie "effets modérés" regroupe à la fois les effets modérés supportables et les effets modérés gênants, mais, en majorité, les effets rapportés dans la littérature, dans le cadre d'études contrôlées, pour des concentrations allant jusqu'à 3 ppm sont plutôt supportables que gênants
- Les effets sévères apparaissent pour des concentrations élevées, supérieures à 1 ppm. Ces effets ne se manifestent que pour les yeux, et en très faibles proportions. Ils n'apparaissent pas pour le nez et la gorge pour des concentrations inférieures à 3 ppm
- Les données de la littérature permettent d'estimer le nombre de travailleurs susceptibles de présenter un effet donné, mais ne permettent pas de dire si ce sont les mêmes travailleurs qui auront tendance à présenter les différents symptômes, ou si ce sont des travailleurs différents.

Les données de la littérature montrent que la durée de l'exposition modifie très peu le pourcentage de personnes présentant des symptômes et le degré de sévérité de ces symptômes de type irritatif, du moins pour des expositions allant de 90 secondes à 3 heures à la même concentration. Les pourcentages de réponse ont été appliqués indifféremment aux matrices d'exposition moyenne pondérée et plafonds (se référer à l'annexe 1 du rapport final pour plus de détails). Les durées d'exposition les plus courtes rapportées dans les études de la littérature sont de 90 secondes (18), ce qui est du même ordre que les valeurs plafonds effectivement mesurées par l'instrument à lecture directe soit des moyennes sur une minute.

Ainsi, la relation dose-réponse établie sur la base des données de la littérature (tableau 19) peut être appliquée aux matrices d'exposition du secteur de fabrication de formaldéhyde et de résines (tableau 17) et permet d'estimer le nombre moyen théorique de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritatifs.

10.2 Application de la relation au secteur de la fabrication de formaldéhyde et de résines

Le tableau 20 rapporte le nombre de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritatifs en fonction de la concentration d'exposition moyenne pondérée sur 8 heures et plafond.

Tableau 20 : Nombre théorique de travailleurs du secteur de fabrication de formaldéhyde et de résines susceptibles de présenter des effets irritatifs en fonction de la concentration

	Nombre de travailleurs				
Concentration de formaldéhyde	**0 - < 0,3 ppm**	**0,3 - < 0,75 ppm**	**0,75 - < 1,0 ppm**	**1,0 - < 2,0 ppm**	**≥ 2,0 ppm**
Effet considéré	**VEMP**				
Irritation des yeux – effet modéré	0	0	0	0	0
Irritation des yeux – effet sévère	0	0	0	0	0
Irritation du nez – effet modéré	0	0	0	0	0
Irritation de gorge – effet modéré	0	0	0	0	0

Effet considéré	PLAFOND				
Irritation des yeux – effet modéré	0	0	1	3	4
Irritation des yeux – effet sévère	0	0	0	0	1
Irritation du nez – effet modéré	0	0	0	1	4
Irritation de gorge – effet modéré	0	0	0	1	4

Pour l'ensemble des 314 travailleurs de ce secteur, ces résultats signifient que :

- Pour les valeurs VEMP 8 heures :
  - Aucun travailleur ne serait susceptible de présenter des effets irritatifs dus à une exposition au formaldéhyde.
- Pour les valeurs plafonds :
  - Le respect de la norme actuelle (2 ppm plafond) permettrait d'éviter des effets irritatifs potentiels modérés aux yeux, au nez et à la gorge pour 4 travailleurs et des effets irritatifs sévères aux yeux pour 1 travailleur, en supposant que les travailleurs sont réellement exposés à de telles valeurs
  - Un abaissement de la norme à 1,0 ppm permettrait d'éviter des effets potentiels modérés aux yeux pour 1 à 3 autres travailleurs
  - Un abaissement de la norme à 0,75 ppm permettrait d'éviter des effets modérés aux yeux pour un seul travailleur, pour un total de 5 à 9 travailleurs selon le site d'irritation (1 à 4 en excluant ceux potentiellement exposés actuellement à plus de 2,0 ppm) soit 2,8 % (1,2 %) de la population concernée
  - Pour des concentrations inférieures à 0,75 ppm, aucun effet irritatif modéré ou sévère ne serait attribuable au formaldéhyde, mais ceci n'exclut pas qu'il pourrait y avoir des effets irritatifs légers. Aucun abaissement de norme d'exposition à des valeurs inférieures à 0,75 ppm ne pourra donc réduire ces effets qui constituent le bruit de fond.

Le nombre de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritatifs attribuables à une exposition au formaldéhyde est toujours plus important lorsque l'on considère les valeurs plafonds. L'indicateur d'effet basé sur les valeurs plafonds est, de ce fait, meilleur indicateur que celui basé sur la moyenne puisque le risque est proportionnel à la concentration et non pas à la durée de l'exposition et que la moyenne intègre les courtes périodes d'exposition à des concentrations élevées. Les valeurs plafonds ne sont que des estimés et rien ne permet d'affirmer que les travailleurs sont réellement exposés à de telles valeurs (les valeurs plafonds ne prennent pas en compte l'éventuelle protection respiratoire des travailleurs). Le nombre de personnes susceptibles de présenter des effets est donc compris entre celui déterminé en appliquant les valeurs moyennes et celui déterminé en appliquant les valeurs plafonds, bien que le risque soit sûrement plus proche de celui estimé par les valeurs plafonds.

11 IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

11.1 Coûts potentiels

11.1.1 Organisation du travail

Les aspects de prévention par l'organisation du travail ne semblent pas présenter de possibilités envisageables pour réduire l'exposition du personnel des industries de fabrication de formaldéhyde et de résines. Cette industrie est extrêmement automatisée et le personnel de production qui reste est essentiellement attitré à des tâches de surveillance. Des exigences formelles en matière de formation de tout le personnel concernant les risques, les mesures préventives et les mesures d'urgence en cas d'accident sont souhaitables bien que la majorité des établissements s'y conforment déjà.

11.1.2 Ventilation

Toutes les situations d'abaissement d'une valeur d'exposition moyenne pondérée peuvent être prises en compte par des modifications de procédé, la mise en place ou l'amélioration de la ventilation par captage à la source. Notons, les systèmes en boucle fermée pour contrôler les vapeurs lors du chargement, les systèmes de prise d'échantillon automatique ou robinet à transvidage fermé lors de la prise d'échantillons, le confinement de certaines sources d'émission, etc. Bien que les coûts d'implantation de ces correctifs soient élevés, les coûts annualisés ne devraient pas susciter une lourde charge économique pour le secteur.

L'atteinte de valeur plafond de 0,75 ou de 1 ppm pourrait être envisagée, sauf pour quelques travailleurs de l'entretien, par une maîtrise des sources d'émission avec une ventilation par captage à la source. La norme de 0,3 ppm exigerait le confinement de toutes les sources d'émission sans améliorer la situation des travailleurs de l'entretien et de la réparation ainsi que certains travailleurs de la production qui doivent, à l'occasion, œuvrer sur la tuyauterie contenant le formaldéhyde ou les résines. Certaines modifications des procédés comme celles concernant la filtration de la solution de formaldéhyde et de la résine pourraient sans doute réduire l'exposition des opérateurs de résine et formaldéhyde durant les opérations sur ces équipements. Elles seraient cependant sans effet sur toutes les autres sources d'exposition des travailleurs.

11.1.3 Protection respiratoire

L'abaissement d'une valeur plafond, de même que le maintien de la valeur d'exposition admissible actuelle (plafond à 2 ppm) mènent à la constatation qu'un certain nombre de travailleurs devront

recourir à l'utilisation de protection respiratoire et ce, tant et aussi longtemps que de nombreuses améliorations techniques ne seront pas disponibles et mises en place.

Le tableau 17 indique, qu'actuellement, 131 travailleurs seraient distribués entre les différentes plages d'exposition supérieures à 0,3 ppm, valeur plafond. En faisant l'hypothèse que l'augmentation de la ventilation prévue pour satisfaire à l'abaissement d'une VEMP pourrait aussi régler l'exposition des 61 travailleurs qui sont dans la gamme d'exposition en valeur plafond de 0,3 à 0,75, il reste à prévoir le coût de la protection respiratoire pour les travailleurs les plus susceptibles d'avoir à l'utiliser jusqu'à l'application de contrôle technique, soit 15 travailleurs entre 0,75 et 1,0 ppm, 26 travailleurs entre 1,0 et 2,0 ppm et les 29 travailleurs qui interviennent à des sections du procédé où les concentrations dépassent 2 ppm.

En se référant à la DIVS (danger immédiat pour la vie ou la santé) de 20 ppm, le tableau 21 résume, pour toutes les propositions d'abaissement de la valeur plafond (0,3, 0,75 ou 1,0 ppm), le nombre de travailleurs nécessitant la protection respiratoire et le facteur de protection requis .

Tableau 21 : Nombre de travailleurs et facteurs de protection requis pour la protection respiratoire

Valeur plafond (ppm)	**Nombre de travailleurs**	
	Facteur de protection : 100	**Facteur de protection : 10**
0,3	29	41
0,75	29	41
1,0	29	26
2,0	0	29

L'évaluation des coûts en suivant la démarche de l'annexe sur la protection respiratoire (annexe 2 du rapport global) est détaillée au tableau 22.

Tableau 22 : Évaluation des coûts d'abaissement de la valeur plafond, reliés à l'utilisation des appareils de protection respiratoire

Valeur plafond (ppm)	**Coût direct ($/an)**		**Coût indirect (h/an)**	
	Année initiale	**Années subséquentes**	**Année initiale**	**Années subséquentes**
Programme de protection respiratoire				
0,3	45 920	7 070	5 040	4 480
0,75	45 920	7070	5 040	4 480
1,00	36 080	5555	3 960	3 520
2,00	19 024	2929	2 088	1 856
Équipements, accessoires et installations				
0,3	23 195	12 825		
0,75	23 195	12 825		
1,00	19 915	10 235		

Valeur plafond (ppm)	Coût direct ($/an)		Coût indirect (h/an)	
	Année initiale	Années subséquentes	Année initiale	Années subséquentes
2,00	5 968	4 648		
Coût global				
0,3	44 123	12 318	2 952	2 624
0,75	44 123	12 318	2 952	2 624
1,00	31 003	8 213	1872	1 664
2,00	0	0	0	0

11.2 Avantages potentiels

La section de l'étude sur les différents états de santé a réussi à identifier des effets potentiels de l'exposition lorsque les valeurs sont inférieures à 2,0 ppm. Étant donné l'absence d'indicateurs ou d'informations sur la durée et la fréquence de temps perdu, sur la diminution de productivité ou sur tout autre effet des irritations, nous avons posé l'hypothèse que chaque incident d'irritation causerait un retrait du travail de 15 minutes. Si ce retrait du poste de travail survenait une fois par semaine pour une des trois irritations, tel que proposé à l'annexe 2 suite à des observations informelles recueillies dans ces industries, l'abaissement de la valeur plafond à 1,0 et 0,75 ppm permettrait d'éviter des coûts de 1 625 à 2 600 $, et de 1 625 à 2 925$ respectivement (sur la base d'un salaire horaire de 25$) en incluant les travailleurs actuellement exposés à plus de 2,0 ppm. Ces montants sont respectivement de 325 à 975 $ et de 325 à 1 300 $ si on exclut ces travailleurs. Pour une concentration d'exposition inférieure à 0,75 ppm, aucun effet irritatif modéré ne serait attribuable au formaldéhyde donc aucun gain pour la santé des travailleurs.

11.3 Détermination d'un seuil d'impact majeur

Le tableau 23 résume les coûts annualisés pour ce secteur. Ces coûts sont associés uniquement au programme de protection respiratoire.

Tableau 23 : Sommaire des coûts d'instauration et d'opération du programme de protection respiratoire

Coût [1] ($)	0,3 ppm	0,75 ppm	1,0 ppm
Valeur d'exposition moyenne pondérée			
	Minime	Minime	Minime
Valeur plafond			
Total	195 841	195 841	127 616
An	97 124	97 124	63 184

[1] Les coûts du programme ont été annualisés sur 10 ans à un taux de 10 % + le coût direct / an, annualisé aussi sur 10 ans à un taux de 10 % de même pour les coûts indirects où l'on a calculé que le salaire horaire à la production était d'environ 25$/h dans ce secteur.

En résumé, les coûts d'abaissement totaux de la valeur plafond à 1,0, 0,75 et 0,3 ppm sont respectivement de 127 616 $, 195 841 $ et 195 841 $, soit annuellement des coûts respectifs de 63 184 $, 97 124 $ et 97 124 $.

Le tableau 24, donne quelques statistiques sommaires sur l'industrie la fabrication de produits chimiques organiques, de résines et de caoutchouc synthétique en 1999 car Statistique Canada ne peut pas donner des données plus récentes pour cause de confidentialité.

Tableau 24 : Données générales de l'industrie de la fabrication de produits chimiques organiques, de résines et de caoutchouc synthétique

Code	Description SCIAN	Nombre		Salaire travailleurs (total des employés) (millions)	Valeur des livraisons (millions)	Valeur ajoutée (millions)
		Établis-sements	Travailleurs production (total des salariés)			
Canada 1999						
325190	Fabrication d'autres produits chimiques	42	2 375 (3 750)	154 902 (273 802)	3 654	1 125 481
325210	organiques de base Fabrication de résines et de caoutchouc synthétique	74	4 849 (7 663)	281 293 (467 602)	6 102	2 228 521
Québec 1999						
325190	Fabrication d'autres produits chimiques	8	82 (206)	2 764 (12 538)	38,5	18 303
325210	organiques de base Fabrication de résines et de caoutchouc synthétique	20	624 (987)	33 193 (54 999)	958	436 594

Source : Statistique Canada, tableau 301-0003, Enquête annuelle des manufactures (EAM), Octobre 2003.

Selon les informations de Strategis Canada en 2003, l'industrie de la fabrication de résines et de caoutchouc synthétique (SCIAN 325210), connaît des revenus totaux qui ont augmenté de 4,2 milliards de dollars en 1992 à 6,8 milliards de dollars en 2001, ou de 5,5 % par année en moyenne pour 1992-2001. Cependant, entre 2000 et 2001 le taux de croissance était de -0,7%.

Inversement pour l'industrie de la fabrication d'autres produits chimiques organiques de base (SCIAN 325190), la valeur des revenus totaux pour cette classe industrielle a augmenté de 3,2 milliards de dollars en 1992 à 3,7 milliards de dollars en 2001, ou de 1,7 % par année en moyenne pour 1992-2001. Et contrairement au secteur de la fabrication de résines et de caoutchouc synthétique, entre 2000 et 2001, le taux de croissance était de 22 %.

Les coûts encourus par un abaissement de la valeur d'exposition admissible sont relativement très faibles. En se basant sur la performance économique des secteurs de ce domaine, il semble que ce ne serait pas une charge économique trop lourde pour les industries de fabrication de formaldéhyde et de résines a base de formaldéhyde de se conformer à ces exigences, lorsqu'elles sont techniquement réalisables. Cependant, si les conditions économiques (variation des taux de change, baisse des ventes, ralentissement économique, augmentation du coût des matières premières...) se sont dégradées depuis 2001, le choc de supporter un changement de la norme sera plus lourd.

12 CONCLUSIONS

Les principales conclusions de l'étude de l'exposition au formaldéhyde des travailleurs de la fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde sont :

- Les établissements de fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde sont un sous-ensemble des CAEQ 3712 (Industrie des produits chimiques organiques d'usage industriel) et 3731 (Industrie des matières plastiques et des résines synthétiques). Sur la base de l'étude des procédés, le sous-secteur 3799 (Autres industries. Produits chimiques) a été exclu

- Une enquête téléphonique suivie d'une visite sur le terrain a déterminé que les fabricants de formaldéhyde et de résine à base de formaldéhyde sont au nombre de huit et leurs établissements comptent un total de 314 travailleurs. Ils fabriquent des résines aminées et phénoliques

- Les résultats d'exposition moyenne pondérée du projet formaldéhyde indiquent une tendance systématique à des valeurs plus basses que celles des CLSC, des établissements eux-mêmes ou des bases de données internationales. De la même façon, les résultats indiquent une tendance à la diminution au cours des années. Toutefois, ces tendances ne sont pas significatives, ce qui a justifié l'utilisation de l'ensemble des résultats pour construire les matrices

- L'exposition actuelle répartit dans la matrice secteur d'activité économique/exposition, le nombre de travailleurs de la façon suivante :

VEA (ppm)	<0,3	0,3-0,75	0,75-1,0	1,0-2,0	>2,0
Exposition moyenne pondérée	274	34	3	3	0
Exposition plafond	183	61	15	26	29

Les travailleurs les plus exposés sont les opérateurs du procédé et ceux à l'ensachage et le remplissage des barils et camions

- Les coûts annualisés sur 10 ans à un taux de 10 %, pour l'abaissement à une valeur d'exposition pondérée de 0,3 ppm sont minimes comparativement à la performance économique des secteurs dont font partie ces entreprises. Cependant, si les conditions économiques (variation des taux de change, baisse des ventes, ralentissement économique, augmentation du coût des matières premières…) se sont dégradées depuis 2001, le choc de supporter un changement de la norme sera plus lourd. Puisque aucun travailleur exposé à plus de 0,3 ppm ne présenterait d'effet irritatif, aucun gain ne résulterait de l'abaissement de la VEMP

- Les coûts annualisés sont de 97 100 $ pour un abaissement de la valeur plafond à 0,3 et 0,75 ppm et de 63 200 $ pour l'abaissement à 1,0 ppm. La totalité de ces coûts provient de la nécessité d'utilisation de la protection respiratoire. Les avantages économiques résultant de l'élimination des effets irritatifs de 1 à 4 travailleurs sont minimes, soit entre 325-1 300 $, dans l'état actuelle de nos connaissances

- Le respect de la norme actuelle (2 ppm plafond) permettrait d'éviter des effets irritatifs potentiels modérés aux yeux, au nez et à la gorge pour 4 travailleurs et des effets irritatifs sévères aux yeux pour 1 travailleur, en supposant que les travailleurs sont réellement exposés à de telles valeurs

- Un abaissement de la valeur plafond à 1,0 ppm éliminerait les effets irritatifs modérés pour 1 à 3 travailleurs selon le site d'irritation. Un abaissement à 0,75 ppm protégerait 1 autre travailleur. Pour une concentration d'exposition inférieure à 0,75 ppm, aucun effet irritatif modéré ne serait attribuable au formaldéhyde, donc aucun gain pour la santé ne serait réalisé.

13 RÉFÉRENCES

1. Perrault G., Goyer N., Hébert F., Duguay P., Ostiguy C., Truchon G., Baril M., Gratton L., Arcan R., Gérin M., Bégin D., Bonvalot Y., Carrier G., Lefebvre P.et Pallage S. : Étude préliminaire sur l'évaluation de l'impact d'un abaissement des valeurs d'exposition admissibles pour le formaldéhyde. Rapport R-257, IRSST. (2000).
2. Bureau de la statistique du Québec : Classification des activités économiques du Québec, Les Publications du Québec. (1984).
3. Statistique Canada : Classification type des industries CTI. Division des normes, Ottawa, On. (1980).
4. Statistique Canada : Système de classification des industries de l'Amérique du Nord : Canada (SCIAN) 1997. Statistique Canada, Division des normes, Ottawa. (1998).
5. Reuss G., Disteldorf W., Gamer A.O. and Hilt A. : Formaldehyde. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth On-line Edition, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim. (2001).
6. Gerberich H.R. and Seaman G.C. : Formaldehyde. In: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Volume 11, Fourth Edition, pp. 929-951. J.I. Kroschwitz; M. Howe-Grant, Ed. John Wiley & Sons, New York, NY. (1994).
7. Diem H. and Matthias G. : Amino Resins. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth On-line Edition, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim. (2001).
8. Hesse W.: Phenolic Resins. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth On-line Edition, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim. (2001).
9. Kopf P.W. : Phenolic Resins. In: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Volume 18, Fourth Edition, pp. 603-644. J.I. Kroschwitz; M. Howe-Grant, Ed. John Wiley & Sons, New York, NY. (1996).
10. Beaudry C., Bégin D., Lavoué J. et Gérin M. : Une matrice emploi-exposition pour le formaldéhyde dans le secteur de la fabrication des panneaux agglomérés. Dans: 24e Congrès de l'AQHSST - La prévention : une démarche de qualité, Saint-Sauveur-des-Monts, QC, 8-10 mai 2002, pp 223-232. Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail, Anjou, QC. (2002).
11. Williams T.M. : Health Hazard Evaluation Report No. HETA-81-337-1125, Borden Chemical Division, Fayetteville, NC. United States Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH. (1982).
12. Alcarese A.A. and Reisdorf, R.P. : Industrial Hygiene Characterization of Urea Formaldehyde and Polyurethane Foam Insulation. United States Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health (DHEW (NIOSH) Publication No. 83-108), Cincinnati, OH. (1983).

13. IRSST, Direction des Opérations : Guide technique : Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail, 7e édition. (2000).

14. IRSST, Direction des Opérations : Analyse du formaldéhyde dans l'air – méthode 295-1 (1995) ; Étalonnage d'un instrument à lecture directe ayant un système de détection par spectroscopie photoacoustique infrarouge - Méthode 39-A. (2000).

15. Lara J. et Venne M. : Guide pratique de protection respiratoire. Rapport R-319, IRSST. 2002.

16. Kulle T.J., Sauder L.R., Hebel J.R. and Green D.J. : "Formaldehyde Dose-response in Healthy Nonsmokers." JAPCA 37: 919-924. (1987).

17. Weber-Tschopp A., Fischer T. and Grandjean E.: "Irritating Effects of Formaldehyde on Men." International Archives of Occupational and Environmental Health 39: 207-218. (1977).

18. Witek T.J., Schachter E.N., Tosun T. and Leaderer B.P. : "An Evalutation of Respiratory Effects Following Exposure to 2.0 ppm Formaldehyde in Asthmatics: Lung Function, Symptoms, and Airway Reactivity." Archives of Environmental Health 42(4): 230-237. (1987).

APPENDICE 1 : ANALYSE DE L'ÉQUIVALENCE ENTRE LA CAEQ, LA CTI ET LE SCIAN

La CAEQ établit une équivalence entre ses classes et celles de la CTI. Cette équivalence présente parfois des liens partiels d'une classification à l'autre :

CAEQ 1984	CTI 1980	Explications
3712 Industrie des produits chimiques organiques d'usage industriel	3712* Industries des produits chimiques organiques d'usage industriel n.c.a	Si les aldéhydes n'étaient pas spécifiquement identifiées dans la classe 3712 de la CTI, on pourrait invoquer cette raison pour classer les fabricants de formaldéhyde dans la classe 3799 de la CTI « Autres industries de produits chimiques n.c.a. »
3731 Industrie des matières plastiques et des résines synthétiques	3731 Industrie des matières plastiques et des résines synthétiques	
3799 Autres industries des produits chimiques	3799* Autres industries des produits chimiques n.c.a.	La CAEQ estime que sa classe 3793 « Industrie des explosifs et munitions » est incorporée dans la classe 3799 de la CTI

* : Lorsque la concordance met en rapport une classe CAEQ à seulement une partie d'une classe CTI ou SCIAN, cette relation partielle est désignée par un astérisque.

Le SCIAN 1997 établit une équivalence entre ses classes et celles de la CTI. Cette équivalence présente parfois des liens partiels d'une classification à l'autre :

CTI 1980	SCIAN 1997	Explications
3712 Industries des produits chimiques organiques d'usage industriel n.c.a	325110, 325120*	325110 Fabrication de produits pétrochimiques 325120 Fabrication de gaz industriels 325210 Fabrication de « résine » 325313 Fabrication d'engrais chimiques… 325410 Fabrication de produits pharmaceutiques... 325610 Fabrication de savons et de détachants Aucune de ces classes de peut correspondre à la fabrication de formaldéhyde
	325130*	
	325190* Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base	
	325210*, 325313*	
	325410*, 325610*	
3731 Industrie des matières plastiques et des	325210* Fabrication de résines et de caoutchouc synthétique	

CTI 1980	SCIAN 1997	Explications
plastiques et des résines synthétiques	325991 Compoundage sur commande de résines achetées	Cette classe canadienne comprend les établissements dont l'activité principale est le mélange et la préparation sur commande de résines plastiques produites ailleurs et le compoundage des résines plastiques à partir de produits plastiques recyclés
SCIAN 1997	**CTI 1980**	**Explications**
325190 Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base	1121* Industrie des produits de distillation	La fabrication de l'alcool éthylique non destiné à la consommation
	3712* Industries des produits chimiques organiques d'usage industriel n.c.a	La fabrication de produits chimiques organiques divers
	3799* Autres industries de produits chimiques n.c.a.	La fabrication de distillats, huiles et extraits de bois, distillats de goudron de houille, matières synthétiques de parfumerie, édulcorants synthétiques (p. ex., saccharine t aspartame)
325210 Fabrication de résines et de caoutchouc synthétique	3712* Industries des produits chimiques organiques d'usage industriel n.c.a	La fabrication du caoutchouc synthétique
	3731 Industrie des matières plastiques et des résines synthétiques	Tout autre sauf le mélange sur commande de résines achetées et la fabrication de résines à partir de plastique recyclé

* : Lorsque la concordance met en rapport une classe CAEQ à seulement une partie d'une classe CTI ou SCIAN, cette relation partielle est désignée par un astérisque.

L'enchevêtrement des équivalences des trois systèmes mène à ce tableau d'équivalence

CLASSE INDUSTRIELLE CAEQ 1984	CLASSE INDUSTRIELLE CTI 1980	CLASSE INDUSTRIELLE SCIAN 1997
3712 – Industrie des produits chimiques organiques d'usage industriel	3712* Industries des produits chimiques organiques d'usage industriel n.c.a.	325190* Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base
3731 – Industrie des matières plastiques et des résines synthétiques	3731 Industrie des matières plastiques et des résines synthétiques	325210* Fabrication de résines et de caoutchouc synthétique

* : Lorsque la concordance met en rapport une classe CAEQ à seulement une partie d'une classe CTI ou SCIAN, cette relation partielle est désignée par un astérisque.

APPENDICE 2 : ÉQUIPEMENTS DE MESURE UTILISÉS POUR LES ÉVALUATIONS DE L'EXPOSITION

Équipement utilisé	Caractéristiques de l'équipement utilisé - Mesure de l'exposition en moyenne pondérée sur huit heures
Dosimètre Acculabs	Limite de détection : 0,05 ppm Plage de mesures: 0 à 12 ppm-h Précision : PEL_TWA excède +/- 25% à intervalle de confiance de 95% Niveau d'action excède +/- 35% à intervalle de confiance de 95%
Dosimètre 3M	-Rencontre les exigences de précision d'OSHA de +/-25% pour un échantillonnage de 8 heures -Limite de quantification : 1 ug, soit une concentration de 0,03 pppm pour 8 heures d'échantillonnage
IRSST 295-1	- Limite de quantification : 2 ug - Coefficient de variation de la méthode analytique : 0,045
Dosimètre EMT	- Exactitude : mieux que 25 % à intervalle de confiance de 95% - Limites de détection : inférieure : 0,1 de PEL; supérieure : 2 PEL

Équipement utilisé	Caractéristiques de l'équipement utilisé - Mesure de l'exposition en valeur plafond
ILD Interscan	Modèle 4160-0 : 0 –1 999 ppm; résolution : 1 ppm Modèle 4160-1 : 0 – 199,9 ; résolution : 0,1 ppm Modèle 4160-2 : 0 – 19,99 ; résolution : 0,01 ppm
Dosimètre Acculabs (Carte 15 minutes)	Information non disponible
B&K 1302 Innova 1312	Méthode d'étalonnage 39-A Limite de détection : 0,12 ppm (filtre UA-0986) Exactitude : 5% de la lecture Réponse non affectée par la présence de CO_2 ou de vapeur d'eau Étalonnage par compensation croisée pour le méthanol et la vapeur d'eau Temps de réponse : en fonction de la longueur de la sonde de prélèvement et du nombre de contaminants à analyser.
Tubes Dräger	0,2 à 5 ppm
Tubes Gastec 91L	Plages de mesures : 0,1 à 5 ppm ; 5 à 40 ppm Temps : 1,5 minutes par coup de pompe Limite de détection : 0,05 ppm (n=5) Coefficient de variation : 10 % (0,1 à 5 ppm) ; 5 % (0,5 à 5 ppm)

APPENDICE 3 : LISTE DES COLLABORATEURS DU RÉSEAU PUBLIC DE SANTÉ AU TRAVAIL DANS LE CADRE DES VISITES EN ENTREPRISE

Carmen Cloutier, technicienne en hygiène industrielle, CLSC des seigneuries

Marc Doré, technicien, CLSC Jean-Olivier Chénier

Marc Lavoie, technicien hygiène industrielle, CLSC du Ruisseau Papineau

APPENDICE 4 : DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA MÉTHODOLOGIE PAR EXPERTISE INTÉGRALE

La construction des matrices se fait selon les étapes suivantes :

- identification des déterminants de l'exposition au formaldéhyde;
- identification des entreprises québécoises correspondant à l'activité économique choisie;
- cueillette d'information sur les niveaux d'exposition et les déterminants;
- identification des axes de la matrice;
- transformation des données brutes d'exposition en paramètres statistiques et
- établissement de la matrice.

Identification des déterminants de l'exposition au formaldéhyde

La première étape de la démarche consiste, à travers une revue exhaustive de la littérature technique, à comprendre intimement la nature des divers procédés ou activités des classes économiques du secteur. Cette recherche permet d'identifier les paramètres responsables de l'émission du formaldéhyde dans le milieu de travail et ceux affectant l'exposition des travailleurs au contaminant. Si nécessaire, des observations sur le terrain permettent de confirmer ou d'infirmer la validité des choix établis à partir de la littérature. Cette démarche permet aussi de mieux comprendre les critères utilisés pour classifier les entreprises dans le secteur d'activité et pour les distinguer entre elles selon les procédés ou activités d'intérêt.

Identification des entreprises québécoises correspondant à l'activité économique choisie

Cette étape vise à répertorier les entreprises québécoises appartenant réellement au secteur d'activité choisi. Ceci est essentiel pour déterminer la population réelle d'entreprises et de travailleurs potentiellement exposés.

Le découpage et la description des secteurs d'activité économique relèvent des organismes publics de statistiques. On peut trouver actuellement utilisés au Québec trois systèmes de classification des activités économiques : la « Classification des activités économiques du Québec » de 1984 (CAEQ) (2), la « Classification type des industries – 1980 » (CTI) (3) et le « Système de classification des industries de l'Amérique du Nord : Canada 1997 » de (SCIAN) (4). De nombreux organismes classifient les entreprises notamment la CSST, le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ), le Ministère de l'industrie et du commerce (MIC), Industrie Canada, Statistiques Canada.

Le répertoire final des entreprises utilisé est constitué des diverses sources d'information disponibles.

Cueillette d'information sur les niveaux et les déterminants de l'exposition

Une revue exhaustive de la littérature scientifique permet d'identifier tous les articles contenant des données d'exposition accompagnées d'information sur les différents déterminants soit les procédés industriels, les professions des personnes évaluées, les niveaux de production, etc.. Cette revue permet d'identifier les procédés ou activités qui peuvent servir de découpage supplémentaire du secteur d'activité économique pour distinguer une population de travailleurs exposés d'une autre.

Une grille terrain d'observation peut être utilisée afin de systématiser la collecte des déterminants dans les entreprises visitées et d'en valider la pertinence. Elle est composée d'éléments généraux s'appliquant à tous les secteurs d'activité économique et d'éléments propres au secteur visé. Parmi les éléments généraux on retrouve des sections sur les *Éléments d'architecture de l'établissement*, la *Ventilation générale de l'établissement*, les *Programmes d'évaluation de l'exposition et de la protection respiratoire*, la *Formation*, certains éléments pertinents à chaque poste de travail tels les *Matières premières entreposées et contenant du formaldéhyde*, les *Produits finis entreposés et contenant du formaldéhyde*, les *Sources d'émission de formaldéhyde dans l'atmosphère*, les *Systèmes de ventilation par aspiration à la source*, les *Salles de contrôle*, certains *Éléments pertinents à chaque profession / corps de métier* et des éléments concernant l'*Équipement de protection respiratoire*. Parmi les éléments propres au secteur, on retrouve *l'Identification des procédés de l'établissement*, les *Différentes professions / différents corps de métier dans l'établissement*, une description précise des *Matières premières contenant du formaldéhyde* et les *Paramètres généraux de production*. Cette grille permet entre autres d'obtenir, sur un échantillon représentatif des établissements d'un secteur, la distribution des travailleurs selon la liste des professions. La transformation des professions spécifiques en professions normalisées se fait en fonction des critères retenus lors de la saisie des données de la littérature.

Identification des axes de la matrice

La matrice est constituée de trois axes. Le découpage par procédé ou activité constitue le premier axe. Les professions normalisées constituent le deuxième axe de la matrice. Les articles de littérature identifient des professions et des postes de travail dans un langage qui est propre aux auteurs des documents. La variété des termes utilisés et l'imprécision dans certaines descriptions rendent nécessaire le regroupement des diverses dénominations. Celui-ci permet de réduire les risques de classer un élément particulier dans le mauvais titre et augmente la puissance statistique en créant des ensembles de données plus grands. Dans le cas des professions, par exemple, les regroupements ont été faits de façon à mettre ensemble celles dont l'exposition au formaldéhyde peut être assimilée à un groupe à cause de la similarité de la zone de travail et d'activité. La capacité de prédire les impacts sanitaires demandaient de pouvoir distinguer entre cinq fourchettes d'exposition, soit HCHO $\leq$ 0,3 ppm, 0,3 < HCHO $\leq$ 0,75 ppm, 0,75 < HCHO $\leq$ 1 ppm, 1 < HCHO $\leq$ 2 ppm et finalement HCHO > 2 ppm. Ces fourchettes composent le troisième axe de la matrice.

Transformation des données brutes d'exposition en paramètres statistiques

Les données brutes d'exposition se retrouvent sous toutes sortes de formes numériques : valeurs uniques ou valeurs agrégées avec différents paramètres statistiques (moyenne arithmétique avec ou sans écart-type, moyenne géométrique avec ou sans écart-type, médiane, ou fourchette); un exemple est présenté au tableau A4-1. Les méthodes de prélèvement et d'analyse sont variables, comme le sont les périodes et le nombre de prélèvements. Tous les déterminants ne sont pas toujours présents dans les documents consultés et le niveau de détail est très inégal. Il s'agit d'établir, à partir des données brutes, la moyenne (M.G. ou GM) et l'écart-type géométrique (É.G. ou GSD) pour chacune des professions normalisées. Plusieurs outils statistiques peuvent être utilisés en fonction des données disponibles. Les moyennes géométriques de certaines professions peuvent être estimées à partir de données d'expositions de professions normalisées jugées similaires en terme d'exposition.

Tableau A4-1
Données d'exposition de la littérature regroupées par profession normalisée

2593 - Industrie des panneaux agglomérés

Procédé : 2- MDF/LDF/HDF

Par profession

Nbr	Durée	Dates		M. a.	É. a.	M. g.	É. g.	Médi.	F. [	F.]
01 - Réceptionnaire										
2	8h	1993-06	Front Loader Operat						0,02	0,04
02 - Préparateur de copeaux										
1	1-2h	1986-02	Refining room&refini	0,73						
04 - Pressier										
2	8h	1993-06	Press operator						0,10	0,11
2	8h	1993-06	Form Station Operat						0,12	0,15
1	7h	1991-09	Press operator	0,19						
1	7h	1991-09	Press operator	0,34						

M.a. : Moyenne arithmétique É.a. : Écart type arithmétique M.g. : Moyenne géométrique

É.g. : Écart type géométrique Médi. : Médiane F.(et F.) : Limite inférieure et supérieure de la fourchette

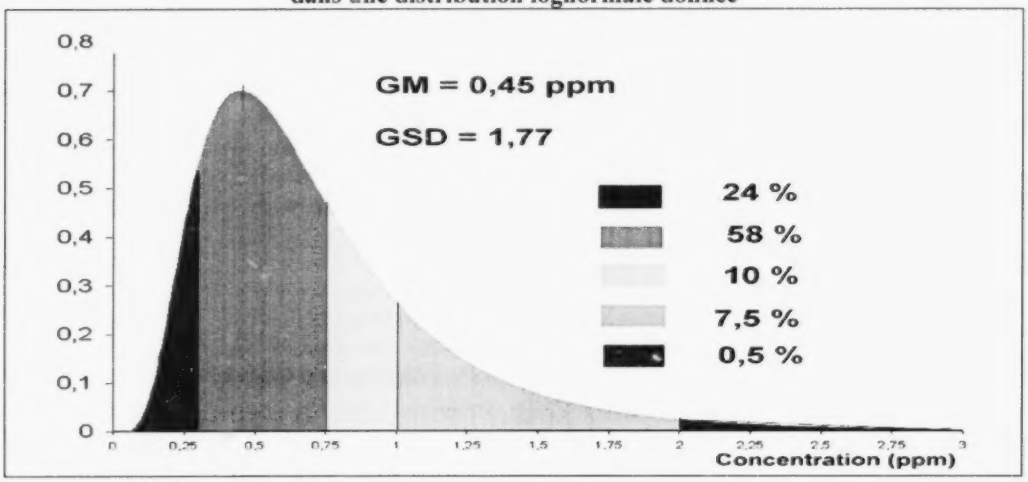
Établissement de la matrice

Une fois que la moyenne géométrique (M. G. ou GM) et l'écart-type géométrique (É.G. ou GSD) de la distribution des expositions sont déterminés pour chaque profession dans chaque procédé, on élabore la matrice qui fournit, pour chaque profession, les pourcentages de la population dans chaque catégorie d'exposition (< 0,3 ppm, 0,3-0,75 ppm, 0,75-1 ppm, 1-2 ppm, > 2 ppm). Pour ce faire, les propriétés mathématiques de la distribution lognormale sont utilisées. Ainsi, un tableur (p. ex. Microsoft Excel^{MD}) permet de déterminer à quel percentile[2] d'une distribution lognormale correspond une valeur numérique donnée si l'on connaît les paramètres qui définissent cette distribution (M.G. et É.G.).

Pour chaque profession, M.G. et É.G permettent donc de savoir à quels percentiles correspondent les valeurs 0,3, 0,75, 1 et 2. Par simple soustraction on obtient ensuite le pourcentage de la population situé dans les différentes catégories. À titre d'illustration, si 0,3 est le 10^{ième} percentile et 0,75 le 25^{ième}, cela signifie que 10 % de la population possède une exposition inférieure à 0,3, que 25 % de la population possède une exposition inférieure à 0,75, et donc que 25-10=15 % de la population possède une exposition située entre 0,3 et 0,75. Il suffit ensuite de multiplier les pourcentages obtenus par le nombre de travailleurs dans chaque profession pour obtenir les populations de travailleurs dans chaque catégorie. Un exemple d'une distribution est présentée à la figure A4-1.

[3] Le X^{ième} percentile d'une distribution représente la valeur en dessous de laquelle X % de la population est retrouvée. Par exemple, le 50^{ième} percentile d'une distribution représente la médiane de cette distribution puisque 50 % de la population est en dessous de cette valeur et donc 50 % est au dessus.

Figure A4-1
Illustration de la distribution du pourcentage de travailleurs par plage de concentration dans une distribution lognormale donnée



Les experts révisent la distribution selon leur connaissance des procédés ou activités du secteur, de l'applicabilité des publications consultées et des conditions actuelles au Québec.